



Pekka Iikkanen, Sirkka Keskinen, Antti Korpilahti, Tapio Räsänen, Ari Sirkkiä

Raakapuuvirtojen valtakunnallinen optimointimalli

Mallin kuvaus ja skenaariotarkastelut

Pekka Iikkanen, Sirkka Keskinen, Antti Korpilahti,
Tapio Räsänen & Ari Sirkiä

Raakapuuvirtojen valtakunnallinen optimointimalli

Mallin kuvaus ja skenaariotarkastelut

Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 29/2010

Kannen kuvat: Hannu Vallas ja Antti Korpilahti

ISSN-L 1798-6656
ISSN 1798-6656
ISBN 978-952-255-561-8

Verkkojulkaisu pdf (www.liikennevirasto.fi)

ISSN-L 1798-6656
ISSN 1798-6664
ISBN 978-952-255-562-5

Juvenesprint Oy
Tampere 2010

Liikennevirasto
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelin 020 637 373

Pekka Iikkanen, Sirkka Keskinen, Antti Korpilahti, Tapio Räsänen & Ari Sirkiä: Raakapuuvirtojen valtakunnallinen optimointimalli. Liikennevirasto, liikennejärjestelmäosasto. Helsinki 2010. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 29/2010. 38 sivua ja 5 liitettä. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6656, ISBN 978-952-255-561-8, ISSN 1798-6664 (pdf), ISBN 978-952-255-562-5 (pdf)

Avainsanat: raakapuu, kuljetukset, mallintaminen

Tiivistelmä

Suomen metsäteollisuuden rakennemuutoksen, tuotantolaitosten lakkautusten ja Venäjän vientitullien korotusten vuoksi raakapuuvirtojen tulevaan kehitykseen liittyy huomattavaa epävarmuutta. Tämä vaikeuttaa erityisesti metsäsektorin puukuljetuksia palvelevien liikenneväylien ja terminaalien suunnittelua.

Laaditulla puuvirtojen valtakunnallisella optimointimallilla voidaan tarkastella kotimaisen puun ja tuontipuun virtoja erilaisissa puun tarjontaa, kysyntää, kuljetuskustannuksia ja kuljetusjärjestelmää koskevissa toimintaympäristöissä. Optimointimalli laskee raakapuun tarjontapisteiden ja metsäteollisuuden tuotantolaitosten väliset puuvirrat kuljetus- ja terminaalikustannuksiin perustuen. Optimitilanne saavutetaan tilanteessa, jossa kuljetusvirtojen kustannukset ovat valtakunnan tasolla pienimmät.

Puun tarjonta kuvataan mallissa kunnan tarkkuudella (vuoden 2007 kuntajako) tavaralajeittain, joita ovat mäntytukki, kuusitukki, lehtitukki, mäntykuitupuu, kuusikuitupuu ja lehtikuitupuu. Tuontipuun tarjonta annetaan tavaralajeittain käytettävillä rajanylityspaikoilla kuljetustapa-kohtaisesti.

Puun kysyntä määritetään optimointitarkasteluja varten tuotantolaitoskohtaisesti tavaralajeittain. Kysynnässä eritellään kotimaisen puun ja tuontipuun käyttö. Samalla paikkakunnalla toimivien tuotantolaitosten tavaralajikohtainen kysyntä voidaan yhdistää edellyttäen, että ko. tuotantolaitokset voivat vastaanottaa puuta samoilla kuljetustavoilla.

Puun kuljetusjärjestelmä koostuu päätieverkosta, valtakunnallisesta rataverkosta, Vuoksen vesistöalueen vesitieverkosta sekä eri kuljetustapoja yhdistävistä terminaaleista sekä rajanylityspaikoista, joita ovat Saimaan kanava, merisatamat sekä rata- ja päätieverkolla sijaitsevat rajapaikat.

Optimointimallilla tarkasteltiin kahta erilaista puun kysynnän ja tarjonnan kehitysskenaariota. Optimoinnin tulosten ja puukuljetusten tilastojen vertailun ja asiantuntija-arvioiden perusteella tulokset olivat loogisia. On luonnollista, ettei metsäteollisuus toimi aina valtakunnallisen optimin mukaisesti, vaan metsäyhtiöiden omat metsävarat, vakiintuneet asiakassuhteet ja keskinäinen kilpailu vaikuttavat osaltaan puuvirtojen suuntautumiseen. Optimointimalli on kuitenkin erinomainen työkalu arvioitaessa, esimerkiksi sitä, mihin suuntaan valtion ylläpitämää kuljetusjärjestelmää kannattaa kehittää.

Puuvirtojen optimoinnin tuloksia voidaan käyttää hyvin erilaisissa jatkotarkasteluissa. Mallin sovelluskohteita ovat eri liikenneverkkojen sekä rautatie- ja vesitieterminalien kuormitusmuutosten arviointi, rata- ja terminaaliverkon kehittämistä ja ylläpitoa koskevat selvitykset, puun hankinta-alueiden tarkastelut sekä kuljetuskaluston tarveselvitykset. Optimointimallia voidaan kehittää edelleen yksityiskohtaisempia käyttötarkoituksia varten.

Pekka Iikkanen, Sirkka Keskinen, Antti Korpilahti, Tapio Räsänen & Ari Sirkiä: Optimeringsmodell för flöden av råvirke på riksnivå. Trafikverket, Trafiksystemsavdelningen. Helsingfors 2010. Trafikverkets undersökningar och utredningar 29/2010. 38 sidor och 5 bilagor. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6656, ISBN 978-952-255-561-8, ISSN 1798-6664 (pdf), ISBN 978-952-255-562-5 (pdf)

Nyckelord: råvirke, transporter, modellberäkningar

Sammanfattning

På grund av strukturomvandlingen i den finska skogsindustrin och de höjda ryska exporttullarna råder det en avsevärd osäkerhet om den kommande utvecklingen av flödena av råvirke. Detta försvårar särskilt planeringen av trafikleder och terminaler som betjänar skogsektorn.

Med den utarbetade optimeringsmodellen för virkesflöden på riksnivå kan flöden av inhemskt virke och importvirke analyseras i olika förhållanden med avseende på virkesutbud, efterfrågan, transportkostnader och transportsystem. Optimeringsmodellen beräknar virkesflöden mellan råvirkeskällor och skogsindustrins produktionsanläggningar utgående från transport- och terminalkostnader. Optimum nås i en situation, där transportkostnaderna på riksnivå är som lägst.

Virkesutbudet anges i modellen på kommunnivå (kommunindelning 2007) för olika virkeskategorier, som är tallstock, granstock, stock av lövträd, tallmassaved, granmassaved och massaved av lövträd. Utbudet av importerat råvirke anges vid de använda gränsövergångarna specifikt för olika virkeskategorier och transportsätt.

Efterfrågan på virke bestäms för optimeringen specifikt för de olika produktionsanläggningarna enligt virkeskategori. Efterfrågan anges skilt för inhemskt virke och importvirke. Efterfrågan vid produktionsanläggningar på samma ort kan slås ihop, förutsatt att produktionsanläggningarna ifråga kan ta emot virke med samma transportsätt.

Transportsystemet för virke består av huvudvägnätet, det riksomfattande bannätet, farledsnätet på Saimen, terminaler som binder samman olika transportsätt samt gränsövergångar. Gränsövergångar är Saima kanal, havshamnarna samt gränsstationer i ban- och huvudvägnätet.

Med optimeringsmodellen analyserades två olika utvecklingsscenarier för efterfrågan och utbud av virke. Analysresultaten var logiska på basis av jämförelse mellan optimeringsresultaten och statistik över virkestransporter samt expertbedömningar. Det är naturligt att skogsindustrin inte alltid fungerar i enlighet med optimeringsresultaten. Skogsbolagens egna skogstillgångar, etablerade kundförhållanden och inbördes konkurrens påverkar ofta hur virkesflödena går. Optimeringsmodellen är ändå ett utmärkt verktyg för att bedöma t.ex. i vilken riktning det lönar sig att utveckla transportsystemet, som upprätthålls av staten.

Resultaten från optimeringen av virkesflödena kan användas i högst olika utredningar i fortsättningen. Modellen kan tillämpas i bedömningar av hur belastningen av olika trafiknätverk samt järnvägs- och farledsterminaler ändras, i utredningar om utveckling av ban- och terminalnätet, i analyser av anskaffningsområden för virke samt i behovsutredningar för transportmateriel

Pekka Iikkanen, Sirkka Keskinen, Antti Korpilahti, Tapio Räsänen & Ari Sirkiä: A National Optimisation Model for Raw Wood Streams. Finnish Transport Agency, Transport System Department. Helsinki 2010. Research reports of the Finnish Transport Agency 29/2010. 38 pages and 5 appendices. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6656, ISBN 978-952-255-561-8, ISSN 1798-6664 (pdf), ISBN 978-952-255-562-5 (pdf)

Key words: raw wood, transports, modelling

Summary

Owing to structural changes in Finland's forest industry, production plant closures and increases in Russian export tariffs, significant uncertainty is associated with the future development of raw wood streams. This adversely affects, in particular, the planning of transport channels and terminals that serve the forest sector's wood transports.

The devised national optimisation model for wood streams can be used to examine streams of both domestic and imported wood in various operating environments relating to supply, demand, transports costs and the transport system. Based on transport and terminal costs, the optimisation model calculates the wood streams between raw wood supply points and the forest industry's production plants. The optimum situation is achieved in a situation where the costs of the transport streams are lowest at the national level.

The supply of wood is described in the model, to the accuracy of the municipality (2007 municipal division), by type of goods, namely pine log, spruce log, hardwood log, pine pulpwood, spruce pulpwood and hardwood pulpwood. Supply of imported wood is given by type of goods for each means of transportation at the border-crossing points used.

Demand for wood is determined for optimisation studies at each production plant by type of goods. Use of both domestic and imported wood is itemised in demand. Demand of production plants operating in the same locality can be combined, provided that the production plants in question can accept wood by the same means of transportation.

The wood transport system consists of the main road network, the national rail network, the Saimaa waterway network, terminals connecting the various forms of transport, and border-crossing points, namely the Saimaa Canal, sea ports and border-crossing points located on the rail and main road network.

The optimisation model was used to examine two different development scenarios for wood demand and supply. Based on a comparison of the optimisation results and wood transport statistics as well as expert assessments, the results are logical. It is natural that the forest industry does not always operate according to optimisation; the forest companies' own forest resources, established customer relationships and mutual competition play their part in influencing the direction of wood streams. The optimisation model is, however, an excellent tool in evaluating, for example, the most advantageous course of development for the transport system maintained by central government.

The results of wood stream optimisation can be used constructively in various further studies. Areas of application for the model are the evaluation of loading changes in different transport networks and rail and waterway terminals, studies relating to the development and maintenance of the rail and terminal network, examinations of wood procurement areas, and transport fleet needs assessments. The optimisation model can be developed further for more detailed uses.

Esipuhe

Metsäteollisuuden rakennemuutoksen, tuotantolaitosten lakkautusten ja Venäjän vientitullien korotusten vuoksi raakapuuvirrat muuttuvat merkittävästi. Tämä on haaste metsäsektorin puukuljetuksia palvelevien liikenneväylien ja terminaalien kehittämisessä.

Liikennevirasto päätti käynnistää optimointimallin kehittämisen marraskuussa 2009 samaan aikaan käynnistetyn rautatiekuljetusten tavaravirtatietokannan kehittämisen ja valtakunnallisen tavaraliikenne-ennusteen laatimisen yhteydessä.

Liikennevirasto pitää tärkeänä mallin avulla saatavaa tietoa raakapuuvirtojen kulloisestakin kehityksestä toimintaympäristön muutosten yhteydessä. Tämän työn yhteydessä laaditut skenaariotarkastelut palvelevat edellä mainittua ennustetyötä raakapuukuljetusten osalta.

Optimointimallin kehittämistyötä ohjaavaan työryhmään kuuluivat rautateiden tavaraliikenteen johtava asiantuntija Timo Välke (puheenjohtaja), johtava liikenneasiantuntija Taneli Antikainen ja liikenneasiantuntija Harri Lahelma Liikennevirastosta, johtaja Seppo Kosonen Keski-Suomen ELY-keskuksesta sekä logistiikkapäällikkö Harri Rumpunen Metsäteollisuus ry:stä.

Mallin laatijoiksi valittiin Ramboll Finland Oy ja Metsäteho Oy. Ramboll Finland Oy vastasi lineaarisen optimointimallin kehitystyöstä ja Metsäteho Oy optimointimallin lähtötietoina käytettävien puun tarjonta- ja kysyntätietojen sekä raakapuun kuljetuskustannusten määrittämisestä. Ramboll Finland Oy:stä työhön osallistuivat DI Pekka Iikkanen (projektipäällikkö), DI Ari Sirkiä ja M.Sc. Karel Capek. Metsäteho Oy:ssä työhön osallistuivat MML Antti Korpilahti, LuK Sirkka Keskinen ja MMM Tapio Räsänen.

Helsingissä lokakuussa 2010

Liikennevirasto

Liikennejärjestelmäosasto

Sisällysluettelo

1	JOHDANTO	8
1.1	Optimointimallin tarve	8
1.2	Tavoitteet ja sisältö.....	8
2	OPTIMOINTIMALLIN RAKENNE JA PERUSTEET	10
3	LÄHTÖTIEDOT	12
3.1	Puun tarjonta.....	12
3.2	Puun kysyntä	12
3.3	Kuljetus- ja terminaalikustannukset.....	12
3.3.1	Autokuljetus	12
3.3.2	Vesikuljetus.....	12
3.3.3	Rautatiekuljetus	13
3.3.4	Kuljetustapojen välinen kilpailukyky.....	13
4	KULJETUSJÄRJESTELMÄN KUVAUS	14
4.1	Kuljetusjärjestelmän osat	14
4.2	Kuljetusten reititys ja kuljetusjärjestelmän rajoitukset	17
5	OPTIMOINTIMALLIN KÄYTTÖ	18
5.1	Skenaarioiden muodostaminen.....	18
5.2	Liikenneverkon kuormitukset.....	18
6	SKENAARIOTARKASTELUT	19
6.1	Skenaarioiden lähtökohdat	19
6.2	Puun käyttö.....	20
6.3	Puun tarjonta.....	20
6.4	Kysynnän ja tarjonnan alueellinen tasapaino	22
6.5	Optimointien tulokset.....	23
6.5.1	Perusskenaario	23
6.5.2	Minimiskenaario.....	29
6.5.3	Terminaalien käyttö.....	32
6.6	Tulosten ja mallin arviointia.....	35
7	MALLIN SOVELTAMISMAHDOLLISUUKSIA	36
	KIRJALLISUUSLUETTELO.....	38
	LIITTEET	
Liite 1	Rataverkon raakapuukuljetukset vuonna 2009	
Liite 2	Saimaan vesitieverkon kotimaan alus- ja uittokuljetukset vuonna 2009	
Liite 3	Esimerkkejä puun hankinta-alueiden tarkasteluista	
Liite 4	Esimerkki liikenneverkkotarkastelusta: Rautatiekuljetusten liityntäkuljetukset tieverkolla (perusskenaario)	
Liite 5	Esimerkki liikenneverkkotarkastelusta: Rataosan Siilinjärvi–Viinijärvi linkkihaastattelu (perusskenaario)	

1 Johdanto

1.1 Optimointimallin tarve

Raakapuun kuljetuksilla on suuri merkitys Suomen liikenneverkon kuormituksessa ja erityisesti alemman tie- ja rataverkon kehittämisen ja ylläpidon suunnittelussa. Raakapuun kuljetuksissa käytetään tie-, rautatie- ja vesitiekuljetuksia. Kuljetus alkaa lähes aina autokuljetuksena, joka suuntautuu joko suoraan tuotantolaitokselle, välivarastoon tai terminaaliin rautateitse tai vesitse hoidettavaa jatkokuljetusta varten. Autokuljetuksen taloudellinen käyttöalue kattaa kuljetukset enintään noin 200 kilometriin asti riippuen siitä, kuinka pitkän alkukuljetuksen rautatie- ja vesitiekuljetus edellyttää. Vesitiekuljetuksia käytetään säännöllisesti vain Saimaan vesistöalueella.

Metsäteollisuuden rakennemuutos, tuotantolaitosten lakkautukset, mahdolliset uusi-investoinnit ja muutokset raakapuun tuonnissa vaikuttavat kotimaisen markkinapuun tavaravirtojen suuntautumiseen ja ohjautumiseen eri kuljetusmuodoille. Viime vuosina tällaiset muutokset ovat olleet merkittäviä. Esimerkiksi Kemijärven sellutehtaan ja Kajaanin paperitehtaan lakkautukset vaikuttivat erittäin merkittävästi pohjoisen Suomen raakapuuvirtoihin ja eri kuljetustapojen markkinaosuuksiin. Venäjän ilmoittamat raakapuun vientitullien korotuspäätökset ovat vähentäneet tuontia Venäjältä ja lisänneet kotimaisen markkinapuun kysyntää. Tämän on arvioitu pidentäneen puun kuljetusmatkoja Suomessa ja lisäävän erityisesti rautatiekuljetusten käyttöä.

Puukuljetuksia koskevien tavaravirtamuutosten ennakointi on tärkeää kuljetuksiin käytettävien väylien ja terminaalien sekä välivarastojen suunnittelussa. Rataverkolla raakapuukuljetusten muutokset voivat ruuhkauttaa ratoja ja ratapihoja, jolloin kuljetusajat ja kuljetuskustannukset kasvavat. Tavaravirtamuutokset vaikuttavat myös siihen, missä raakapuun siirto autokuljetuksista rautatiekuljetuksiin olisi taloudellisinta tehdä. Rautateitse hoidettavien tavaravirtojen suuruuden ennustaminen on tärkeä lähtökohta kuormauspaikkojen ja terminaalien mitoitukselle sekä arvioitaessa kuormauspaikoille ja terminaaleille johtavien tieyhteyksien kunnostustarvetta.

Raakapuukuljetusten virtojen mallintamisen lähtökohtana tarvitaan tiedot puun tavaralajikohtaisesta tarjonnasta riittävällä alueellisella tarkkuudella sekä tavaralajikohtaisesta puun käytöstä tuotantolaitoksittain. Myös raakapuun tuonti tulee ottaa huomioon osana puun tarjontaa.

1.2 Tavoitteet ja sisältö

Työn tavoitteeksi asetettiin sellaisen raakapuun valtakunnallisen optimointimallin laatiminen, jonka avulla voidaan optimoida tavaralajeittain (mänty- kuusi- ja lehtituki, mänty-, kuusi- ja lehtikuitu) metsäteollisuuden raakapuuvirtoja ja määrittää liikenneverkon kuormituksia erilaisissa toimintaympäristöissä, joissa muuttujina ovat mm. raakapuun alueellinen kysyntä- ja tarjonta, raakapuun kuljetuskustannukset eri kuljetusmuodoilla sekä väylistä ja terminaaleista muodostuvan kuljetusjärjestelmän ominaisuudet. Kuljetustapoja ovat tie- ja rautatiekuljetus sekä vesitiekuljetus Saimaan vesistöalueella. Mallilla on voitava tarkastella sekä kotimaan että tuonnin puuvirtoja Suomen sisäisellä liikenneverkolla.

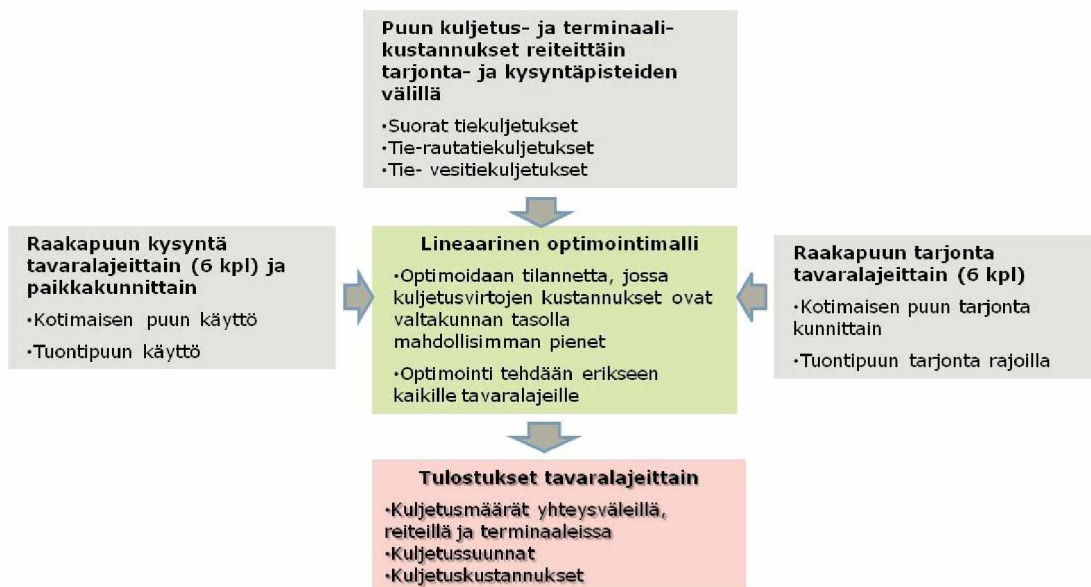
Optimointimallin laatimisen ohella työhön sisältyi kahden erilaisen raakapuun kysyntä- ja tarjontatilanteen mukaiset puuvirtojen optimoinnit tavaralajeittain. Skenaarioiden optimointien tulokset esitetään liikenneverkkojen ja terminaalien kuormituksina. Tuloksia vertaillaan tilastojen mukaisiin liikenneverkon kuormituksiin. Lisäksi esitetään esimerkkejä muista optimointimallin tulosten esittämis- ja jatkotarkastelutavoista.

2 Optimointimallin rakenne ja perusteet

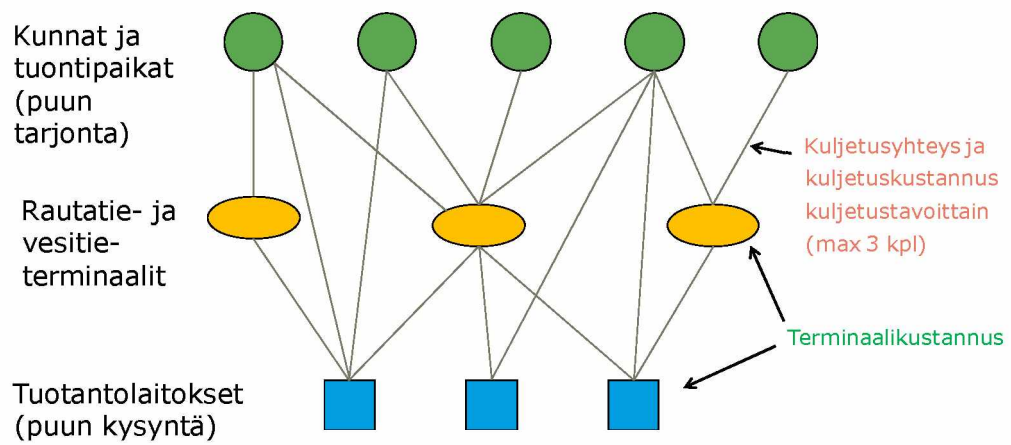
Raakapuukuljetusten valtakunnallinen optimointimalli muodostuu puun tarjontaa ja kysyntää koskevista lähtötiedoista, mahdollisten tarjonta- ja kysyntäpisteiden välisen reittien kuljetuskustannuksista ja vesitiekuljetusten rajoituksista. Puun tarjonta- ja kysyntätiedot ovat tavaralajikohtaisia (kuva 1).

Optimointimalli laskee raakapuun tarjontapisteiden ja metsäteollisuuden tuotantolaitosten väliset puuvirrat tavaralajeittain ja reiteittäin kuljetus- ja terminaalikustannuksiin perustuen. Optimitalanne saavutetaan tilanteessa, jossa kuljetusvirtojen kustannukset ovat valtakunnan tasolla pienimmät. Optimointi suoritetaan lineaarisella optimointimallilla erikseen kullekin tavaralajille. Kuljetusvirtoja ohjaavina tekijöinä otetaan huomioon, että tuotantolaitosten tarvitsema kotimaisen puun tavaralajikohtainen tarve tulee täytettyä, ja että kuhunkin terminaaliin saapuu ja sieltä lähtee yhtä paljon puuta tavaralajeittain.

Mallin elementit muodostuvat puun tarjontapisteistä (kunnat ja tuontipaikat), puun käyttöpaikoista, terminaaleista sekä näiden välisistä yhteyksistä (kuva 2). Käytettävissä olevia reittejä ovat erilaiset elementtien välisen yhteyksien kombinaatiot eli suorat tiekuljetukset sekä tie–rautatiekuljetukset ja tie–vesitiekuljetukset terminaalien kautta. Rautatie- ja vesitiekuljetuksen käytön edellytyksenä on, että tuotantolaitos voi vastaanottaa ko. kuljetustavalla toimitettavaa tavaralajia.



Kuva 1. Raakapuukuljetusten optimointimallin rakenne.



Kuva 2. Optimointimallin elementit.

3 Lähtötiedot

3.1 Puun tarjonta

Optimointimallissa kotimaisen puun tarjonta annetaan lähtötietona kuntakohtaisesti (vuoden 2007 kuntajako) tavaralajeittain, joita ovat mäntykuitu, kuusikuitu, lehti, mäntytukki, kuusitukki ja lehtitukki.

Tuontipuun tarjonta annetaan tavaralajeittain käytettävillä rajanylityspaikoilla kuljetustapakohtaisesti.

3.2 Puun kysyntä

Puun kysyntä määritetään tuotantolaitoskohtaisesti tavaralajeittain. Kysynnässä eritellään kotimaisen puun ja tuontipuun käyttö. Samalla paikkakunnalla toimivien tuotantolaitosten tavaralajikohtainen kysyntä yhdistetään edellyttäen, että ko. tuotantolaitokset voivat vastaanottaa puuta samoilla kuljetustavoilla.

3.3 Kuljetus- ja terminaalikustannukset

3.3.1 Autokuljetus

Puutavaran autokuljetuksen kustannukset määritettiin kuljetusmatkan funktiona Met-sätehon autokuljetuksen kustannuslaskentasovelluksella. Sovelluksen lähtökohtana ovat kuljetuksen ajanmenekkitutkimukset ja kaluston kustannusperusteet sekä työvoimakustannukset. Laskenta perustui kahden kuljettajan kaksivuorotyöhön sisältäen normaalit ylityötunnit. Puutavaran ajoon on vuodessa käytettävissä vuosilomien, keskimääräisten sairaus- koulutus- yms. päivien jälkeen 203 työpäivää ja työtunteja siten yhteensä 3 750. Tämän työajan puitteissa yhdellä puutavara-autolla voidaan kuljettaa 100 km keskipitkät matkat 37 000 m³ (noin 32 000 t) vuodessa.

3.3.2 Vesikuljetus

Puutavaraa kuljetetaan vesitse käytännössä vain Vuoksen vesistössä. Vuotuiset kuljetusmäärät ovat olleet 1,2 – 1,5 milj. m³ välillä. Aluskuljetuksen osuus on ollut yleensä runsas neljännes kaikista vesikuljetuksista käsittäen mm. saari- ja rantametsien puuta. Puutavaran vesitiekuljetuksen kustannukset määritettiin uiton kustannusseurannan perusteella nykyhetken kustannustason mukaisiksi. Kustannusfunktiot määritettiin erikseen Kallaveden, Pielisen ja Saimaan vesistöistä alkaville kuljetuksille. Aluskuljetukselle ei määritetty erikseen omaa kustannusfunktiota.

Hinauksen kustannusfunktiot sisältävät myös veteen panon, hinauslauttojen kokoamisen ja pudotuspaikkojen kunnossapidon sekä uiton organisaatiokustannukset. Uit-topuun käyttöönoton erilliskustannuksiksi määritettiin 1,50 € tonni. Erilliskustannuk-

sia aiheuttavat mm. puutavaraniippujen siirtely tehtaan vesivarastossa ja nosto vedestä. Vesitiekuljetuksen enimmäismääräksi asetettiin noin 2 milj. tonnia vuodessa.

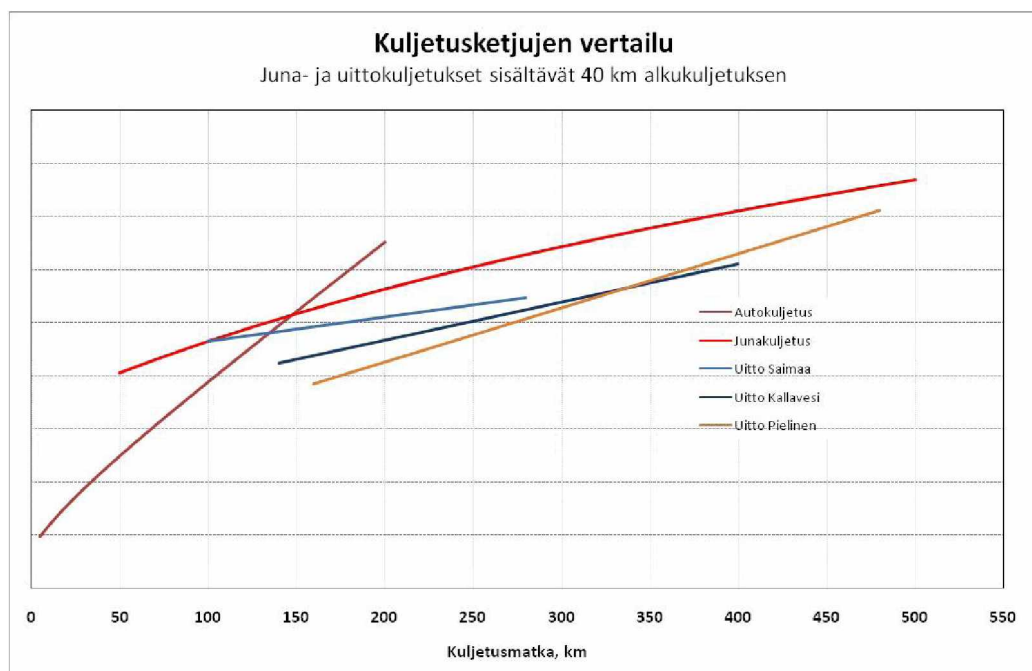
3.3.3 Rautatiekuljetus

Puutavaran rautatiekuljetusten hinnoittelu muuttui optimointilaskennan valmistelun aikaan aiempaan nähden. Tämän vuoksi rahtitasoa kuvaavien kustannusfunktioiden määrittämisessä käytettiin aiempien kustannustietojen ohella tietoja myös ajankohtaisista rahtihintojen muutoksista. Hinnoittelumuutosten seurauksena lyhyehköjen kuljetusten kustannustaso nousi selvästi ja pitkien kuljetusten vähän aikaisempaan nähden.

Junavaunut lastataan pääosin autokohtaisilla puutavarakuormaimilla. Suuren puumäärän kuormauspaikoille on järjestetty urakointiperusteinen puutavaran käsittely ja junavaunujen lastaus. Kuormausurakointi on vielä pääosin käynnistysvaiheessa ja sen suoranaiset kustannukset ovat samaa luokkaa kuin ajoneuvokohtaisen puutavaranosturin käyttö junavaunujen lastauksessa. Lastauksen kustannuksiksi asetettiin 0,90 €/t. Tehtaalla junakuljetukselle aiheutuu erilliskustannuksia mm. siitä, että junavaunuja joudutaan purkuvaiheessa siirtelemään ja junakuorma tuomaan tehdasraiteelle kahdessa erässä. Tämän vuoksi junakuljetukselle kohdistettiin tehdaspään terminaalikustannus, joka on 0,70 €/tonni.

3.3.4 Kuljetustapojen välinen kilpailukyky

Kuljetustapojen kilpailukykyä havainnollistetaan kuvassa 3. Kun alkukuljetus asemille ja uittoon on 40 km, suora autokuljetus tehtaalle on rautatiekuljetusta edullisempaa noin 145 km asti. Uitto on kaikilla kyseeseen tulevilla matkoilla junakuljetusta edullisempaa ja autokuljetuksen ja uiton rajapiste on 130 km kohdalla.

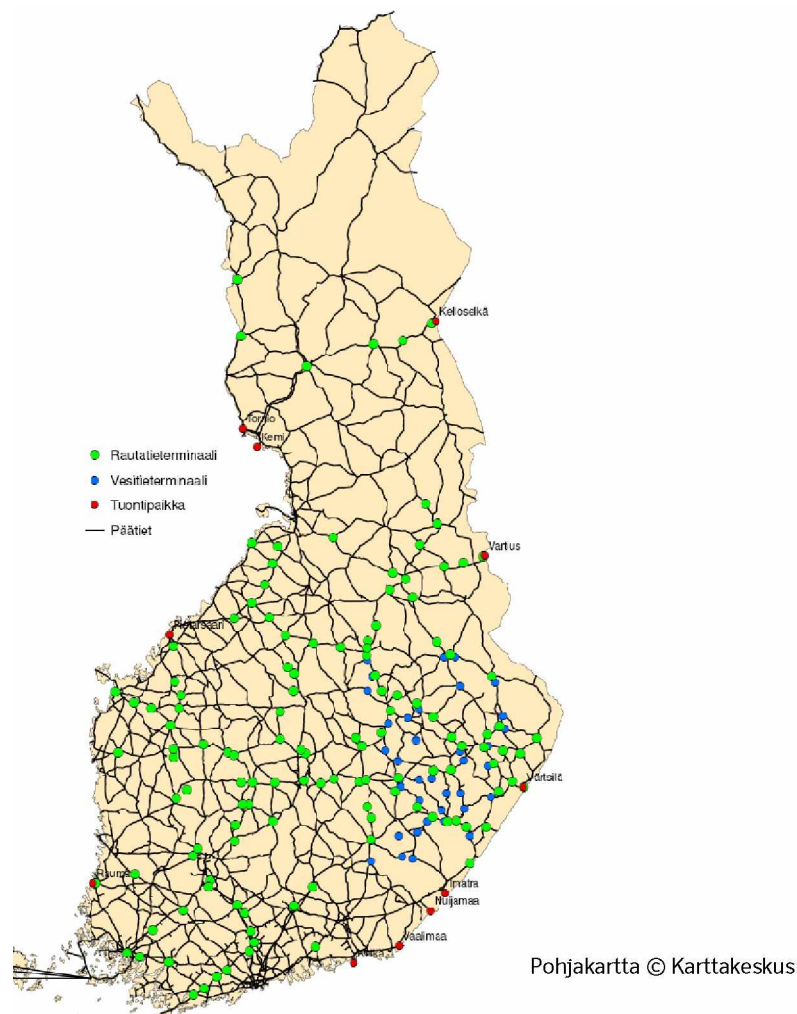


Kuva 3. Eri kuljetustapojen kustannukset matkan funktiona, kun rautatie- ja vesitiekuljetukset sisältävät 40 km pituisen alkukuljetuksen terminaaliin.

4 Kuljetusjärjestelmän kuvaus

4.1 Kuljetusjärjestelmän osat

Kuljetusjärjestelmän runko koostuu päätieverkosta, Suomen rataverkosta, Vuoksen vesistöalueen vesitieverkosta, rautatie- ja vesitietermiinaaleista sekä puun tuonnissa käytettävistä rajanylityspaikoista (kuvat 4–6). Lisäksi kuljetusjärjestelmään sisältyy yhteydet kotimaisen puun tarjontapisteistä päätieverkkoon, yhteydet päätieverkolta rautatie- ja vesitietermiinaaleihin sekä yhteydet päätie-, rata- ja vesitieverkolta puun käyttöpaikoille (kuva 7). Tuotantolaitosten mahdollisuudet vastaanottaa rautatie- ja vesitiekuljetuksia määritettiin tapauskohtaisesti. Tiekuljetuksen käyttö on aina mahdollinen. Puun tarjontapisteinä toimivat tuontipaikat on kiinnitetty tapauskohtaisesti joko päätieverkkoon, rataverkkoon tai Vuoksen vesitieverkkoon. Merisatamat on kiinnitetty liikenneverkkojen kautta tuotantolaitoksiin.



Kuva 4. Päätieverkko, rautatie- ja vesitietermiinaalit sekä tiekuljetusten tuontipaikat.

Puun tuontipaikat

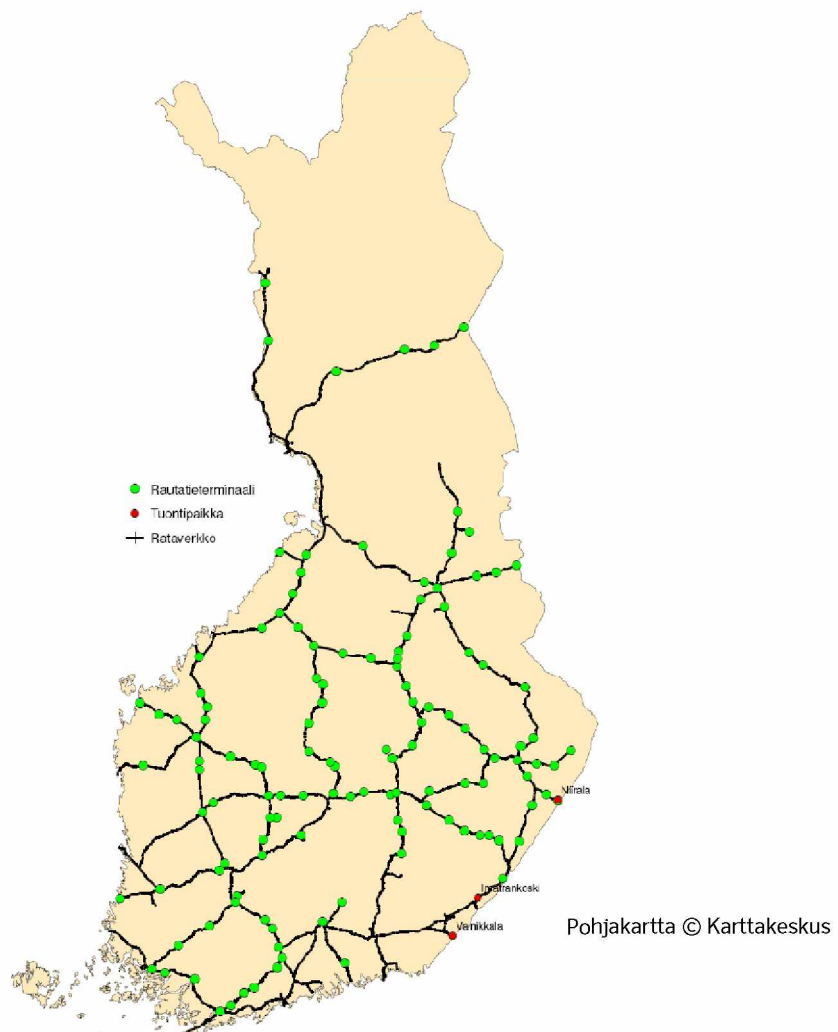
Puun tuonnin tarjontapisteinä käytettävät rajanylityspaikat ovat Kotkan, Rauman, Pietarsaaren ja Kemin satamat, Saimaan kanava, Vainikkala, Imatrankoski ja Niirala rataverkolla sekä Vaalimaa, Nuijamaa, Imatra, Värtsilä ja Vartius päätieliverkolla.

Rautatie- ja vesitietermiinaalit

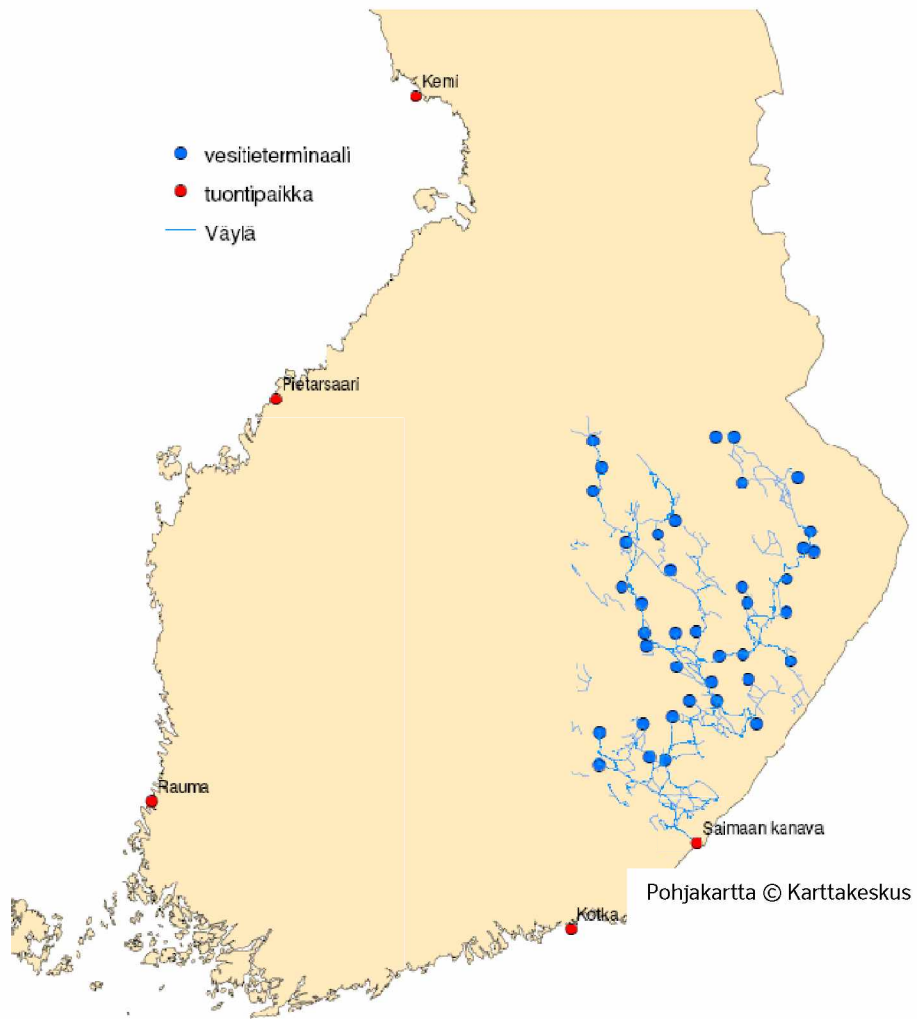
Mallissa kuvattuja rautatietermiinaaleja ovat vuonna 2009 käytössä olleet kuormauspaikat ja raakapuutermiinaalit (noin 125 kpl) sekä Ratahallintokeskuksen termiinaali- ja kuormauspaikkaverkon kehittämisselvityksessä (Ratahallintokeskus, 2009) esitetyt suositukset uusiksi kuormauspaikoiksi (3 kpl).

Vuoksen vesistöalueen termiinaalien kuvaus sisälsi vuonna 2010 käytettävät uiton veden pudotuspaikat ja alusten puutavaran lastauspaikat. Näitä termiinaaleja on noin 40.

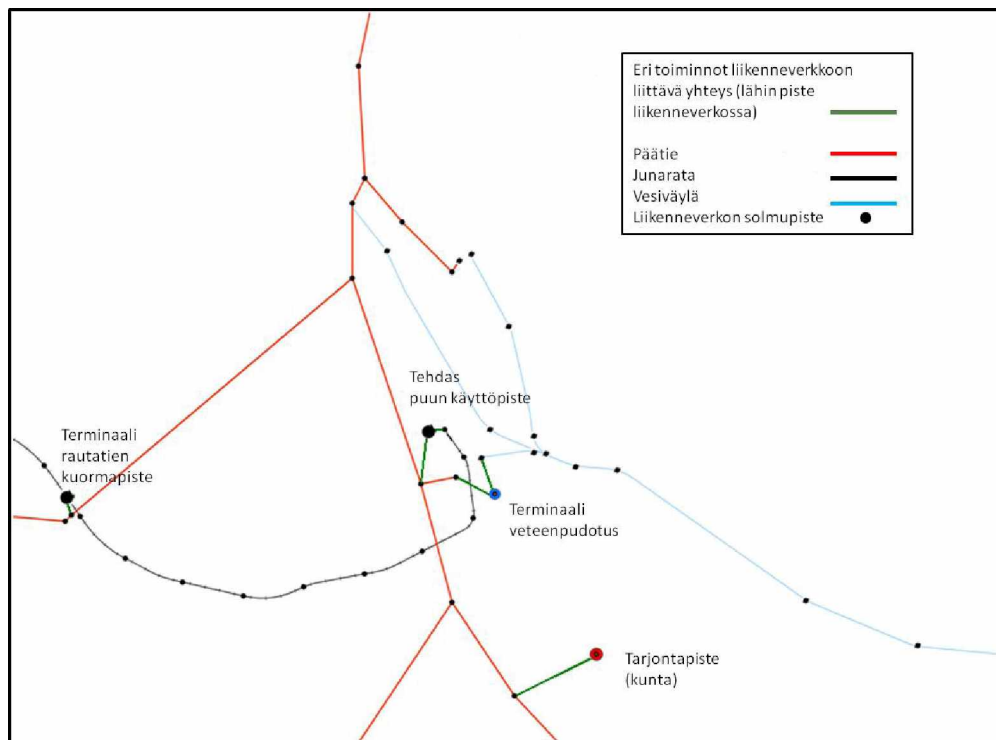
Sekä rautatie- että vesitietermiinaaliverkon kuvausta voidaan mallilla laadittavia tarkasteluja varten muuttaa myös toisenlaiseksi (termiinaaleja voidaan esimerkiksi karsia tai muuttaa niiden sijaintia liikenneverkolla).



Kuva 5. Rataverkko, rautatietermiinaalit ja rautatiekuljetusten tuontipaikat.



Kuva 6. Saimaan vesitieverkko ja raakapuun terminaalit sekä aluskuljetusten tuontipaikat.



Kuva 7. Esimerkki puun tarjontapisteiden, rautatie- ja vesitietermiinalien ja tuotantolaitosten kiinnittämisestä liikenneverkkoon.

4.2 Kuljetusten reititys ja kuljetusjärjestelmän rajoitukset

Tiekuljetusten kustannuslaskennan lähtökohtana ovat kuljetusmatkat määritetään nopeimpaan reittiin perustuen. Rautatie- ja vesitiekuljetusten osalta kuljetuskustannukset määritetään lyhimpään ratayhteyteen perustuen. Optimointimallia sovellettaessa rautatiekuljetusten kuljetuskustannukset voidaan määrittää myös vaihtoehtoisen reitin mukaan. Tällöin voidaan ottaa huomioon myös muita kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä kuten ratojen nopeusrajoitukset ja sähköistys.

Kapasiteettirajoitusten tarkastelu on osa optimointitulosten analysointia. Esimerkiksi vertailemalla optimointitulosten mukaisia kuljetusvirtoja kuljetusjärjestelmän eri osien ominaisuuksiin (esim. rataosan välityskykyyn), saadaan selville kuljetusjärjestelmän pullonkaloja ja kehittämistarpeita. Tämän vuoksi lähtökohdaksi on otettu tilanne, jossa tie- ja rataverkon sekä terminaalien kapasiteettirajoituksia ei oteta huomioon. Sen sijaan vesitiekuljetuksille on asetettu tuotantolaitoskohtaiset vuotuiset enimmäiskuljetusmäärät, sillä uiton käyttö ei ole mahdollista talven jääolosuhteissa ja tuotantolaitoksilla on rajalliset vesikuljetusten vastaanottomahdollisuudet.

5 Optimointimallin käyttö

5.1 Skenaarioiden muodostaminen

Optimointimallin käyttämiseksi määritetään tarkasteltavaan tilanteen (skenaarion) mukainen puun kysyntä ja tarjonta, käytettävät kuljetuskustannukset ja käytettävissä olevat terminaalit. Mikäli halutaan tarkastella pelkästään kysynnän ja tarjonnan muutoksia, voidaan lähtökohtana käyttää edellä kuvattua kuljetusjärjestelmää ja kuljetustapakohtaisia kustannuksia. Mikäli halutaan tarkastella muutoksia myös kuljetusjärjestelmässä ja/tai kuljetuskustannuksissa, on tällaiset muutokset vietävä kuljetusjärjestelmään ja kuljetusyhteyksien kustannukset määritettävä uudelleen. Esimerkiksi rautatieterminaaliverkon supistamisen vaikutustarkastelu voidaan toteuttaa nostamalla ”poistettavien terminaalien ” kustannuksia niin, ettei niitä kannata käyttää.

Puun kysyntä (tonnia/vuosi) annetaan tarkasteltavassa skenaariossa tuotantolaitoksittain (samalla paikkakunnalla sijaitsevia tuotantolaitoksia voidaan yhdistää) ja tavaralajeittain. Mahdollinen tuontipuun vuotuinen käyttö annetaan erikseen, jolloin kotimaisen puun ja tuontipuun optimoinnit voidaan tehdä erikseen. Samalla paikkakunnalla sijaitsevien tuotantolaitosten puun tavaralajikohtainen kysyntä yhdistetään, mikäli ko. tuotantolaitokset voivat ottaa vastaan samoilla kuljetustavoilla toimitettavaa puuta.

Kotimaisen puun tarjonta (tonnia/vuosi) annetaan tarkasteltavassa skenaariossa kunnittain ja tavaralajeittain sekä sovitetaan yhteen puun kysynnän kanssa (tarjonnan on oltava vähintään yhtä suuri kuin kysyntä). Tuontipuun tarjonta määritetään vastaavasti rajanylityspaikoittain.

5.2 Liikenneverkon kuormitukset

Optimointimalli laskee tavaralajeittain suorat autokuljetuksina hoidettavat puuvirrat sekä terminaalien kautta kulkevat puuvirrat vuotuisina tonneina. Näistä puuvirroista muodostetaan kuljetusjärjestelmän kuormitusten määrittämistä varten seuraavat kuljetusmatriisit:

- tiekuljetukset puun tarjontapisteiden, tuotantolaitosten ja terminaalien välillä
- rautatiekuljetukset terminaalien ja tuotantolaitosten välillä
- vesitiekuljetukset terminaalien ja tuotantolaitosten välillä

Kuljetusmatriisit sijoitellaan liikenneverkoille EMME -sijoitteluohjelmistolla. Sijoittelu tehdään tiekuljetusten osalta nopeimmalle reiteille ja rautatie- sekä vesitiekuljetusten osalta lyhimmälle reitille. Sijoittelualgoritmia voidaan muuttaa myös niin, että kuljetukset ohjautuvat vaihtoehtoisille reiteille.

Sijoittelujen tuloksena saadaan tie-, rata ja vesitieverkon osien (linkkien) kuljetusmäärät vuotuisina nettotonneina (ks. luku 6, kuvat 11–16). EMME-sijoitteluohjelmalla voidaan tuottaa myös monia muita hyödyllisiä tulostuksia. Esimerkiksi ohjelmalla voidaan määrittää tietyn linkin kautta kulkevien kuljetusvirtojen lähtö- ja määräpaikat ns. linkkihaastatteluna. Tällaisia tietoja voidaan hyödyntää esimerkiksi rautatiekuljetusten liikennesuunnittelussa (junatarjonnan määrittely ja toimivuusanalyysit).

6 Skenaariotarkastelut

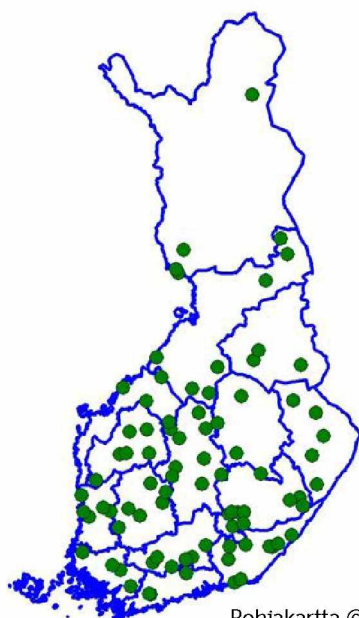
6.1 Skenaarioiden lähtökohdat

Optimointimallilla tarkasteltiin kahta erilaista tulevaisuuden, vuosien 2015–2020 puun kysynnän tilannetta kuvaavaa skenaariota, joita nimitetään perusskenaarioksi ja minimiskenaarioksi. Puun tarjonta kotimaasta on molemmissa skenaarioissa samanlainen. Kuljetusjärjestelmä on luvussa 4 kuvatun mukainen ja kuljetuskustannukset ovat nykyisen kustannustason mukaiset.

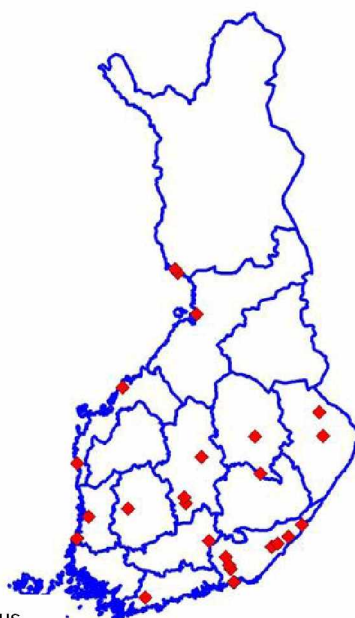
Perusskenaario

Perusskenaarion lähtökohtana on, että metsäteollisuuden nykyinen rakenne säilyy ja tällä hetkellä käynnissä olevat tuotantolaitokset (kuva 8) jatkavat tuotantoaan koko jakson ajan. Skenaariossa teollisuuden vuotuinen puunkäyttö (ilman piensahoja) on yhteensä 68,6 milj. m³, josta pyöreää puuta 56,8 milj. m³ ja haketta 11,9 milj. m³. Venäjän puutullien oletetaan astuvan voimaan ilmoitetun suuruisina, jolloin tuontipuuta ei sieltä tuoda enää menneiden vuosien mukaisia määriä. Ulkomaisen puun tuonnin oletetaan olevan kutakuinkin vuoden 2009 tasolla, n. 9,5 milj. m³/v, josta pyöreää puuta 6,1 milj. m³ (pääosin koivukuitupuuta) ja haketta 3,4 milj. m³.

Mekaaninen puunjalostus



Massateollisuus



Pohjakartta © Karttakeskus

Kuva 8. Perusskenaarion mukaiset tuotantolaitokset ELY-keskuksittain.

Minimiskenaario

Minimiskenaariossa metsäteollisuuden tuotantokapasiteetti supistuu nykyisestä tasosta ja tuotantolaitoksia lopetetaan pysyvästi. Tuotantokapasiteetin muutokset määritettiin kiinteiden puupolttoaineiden saatavuutta ja käyttöä koskevassa selvityksessä, jonka Metsäteho Oy ja Pöyry Energy Oy tekivät vuoden 2010 alussa TEM:lle. Siinä perustana oli Metsäntutkimuslaitoksen metsäneuvostolle v. 2009 laatima raportti metsäteollisuuden eri toimialojen tuotannon määrästä sekä puunkäytöstä Suomessa vuosina 2015 ja 2020. Kapasiteetin vähennykset kohdistuvat mekaanisten massojen ja sellun tuotantoon. Sahauksen ja vanerintuotannon oletetaan supistuvan vain lievästi. Massojen valmistuksessa tuotanto keskittyy suurimpiin integraatteihin, jotka sijaitsevat pääosin rannikolla ja Kaakkois-Suomessa. Teollisuuden puun kokonaiskysyntä on noin 48,1 milj. m³, josta kotimaisen pyöreän puun osuus on noin 45,1 milj. m³. Tuontipuun kysyntä on 6,2 milj. m³/v, josta pyöreää puuta 3,3 milj. m³ ja haketta 2,9 milj. m³.

6.2 Puun käyttö

Puun käyttö määritettiin skenaarioissa tuotantolaitoksittain Metsätehon puunkäyttöä koskevien tilastotietojen ja skenaarioiden tuotantokapasiteetin muutoksia koskevien oletusten mukaan. Käyttö määritettiin puutavaralajeittain erikseen kotimaiselle ja tuontipuulle. Arvioinnissa otettiin huomioon metsäteollisuuden sivutuotteiden (hakeet ja puru) käyttömäärät, jotka eivät kuitenkaan olleet kuljetusoptimointilaskelmassa mukana. Tavaralajikohtainen puun käyttö koko maassa perusskenaariossa ja minimiskenaariossa on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Tavaralajikohtainen puun käyttö perus- ja minimiskenaariossa (kotimainen ja tuontipuu yhteensä).

Tavaralaji	Perusskenaario (1000 tonnia/vuosi)	Minimiskenaario (1000 tonnia/vuosi)
Mäntytukki	8 616	8 616
Kuusitukki	8 362	8 362
Lehtitukki	1 088	1 088
Mäntykuitupuu	13 823	9 856
Kuusikuitupuu	7 912	6 725
Lehtikuitupuu	10 295	7 489
Yhteensä	50 096 (56,8 milj. m ³ /v)	42 150 (48,1 milj. m ³ /v)

6.3 Puun tarjonta

Optimoinnin lähtötiedoiksi muodostettiin kotimaasta markkinoilla tarjolla olevan raakapuun määrääriiot skenaarioiden mukaiselle tarkastelujaksolle. Tarjontaluvut laskettiin kaikille optimointiin mukaan otetuille puutavaralajeille kuntakohtaisina Metsätehon aineistoista. **Kotimaisen puun tarjonta on samanlainen perus- ja minimiskenaariossa.**

Perusskenaariossa tarjonnan arvioinnin lähtökohtana oli oletettu markkinahakkuiden kokonaistaso, johon vaikuttavat metsäteollisuuden kotimaisen raakapuun tarve sekä muu puunkäyttö (paikallinen sahaus ja muu pienimuotoinen tuotanto sekä kotitarvekäyttö). Oletuksena oli, että perusskenaariossa kotimaisen puun tarjonta vastaa valtakunnan tasolla sen kysyntää tai on sitä hiukan suurempi. Puutavaralajeista lehtikuitupuu oli tästä poikkeus, koska sen kysyntä osoittautui ylittävän lasketun tarjonnan leimikkorakenteiden ja korjuun puutavaralajisuhteiden vuoksi. Siksi oletettiin, että lehtikuitupuuta (pääasiassa koivukuitupuuta) on tulevaisuudessakin tuotava ulkomailta huomattavia määriä. Puun hinnan vaikutusta tarjontaan ei otettu huomioon.

Metsäntutkimuslaitoksen tuoreimmat käytettävissä olevat valtakunnan metsien inventointituloksiin (VMI10) perustuvat metsäkeskuskohtaiset hakkuumahdollisuuslaskelmat vuosille 2007–2016 olivat tarjontalukujen muodostamista ohjaavana perustana. Vaihtoehtoisista laskelmista käytettiin ns. suurimman kestävän hakkuukertymän laskelmaa, joka kuvaa parhaiten tulevien vuosien hakkuumahdollisuuksien määrää sekä hakkuutapa- ja puutavaralajirakenteita suuraluetasolla.

Lopulliset kuntakohtaiset tarjonnat kuljetusoptimointiin laskettiin Metsätehon leimikkoaineiston avulla. Leimikkoaineisto koostuu Metsätehon suurimpien osakkaiden vuosina 2006–2007 korjatuihin leimikoista. Tarjonnan laskenta tehtiin kullekin metsäkeskukselle erikseen optimointilaskentana, jossa tavoitteiksi asetettiin puutavaralajikohtaiset hakkuukertymät. Metsäkeskuksen kokonaistarjonta jaettiin laskennassa kuntiin leimikkoaineistojen osoittamien korjuumäärien suhteissa. Optimointilaskentaa varten kuutiometrikkohtaiset tilavuudet muunnettiin tonneiksi puutavaralajikohtaisten kuutiopainolukujen avulla.

Ulkomailta tuotavien puutavaralajien tarjontamäärät laskettiin skenaarioissa tehtyjen puun tuontimääriä koskevien arvioiden sekä tuotantolaitoksille määritettyjen tuontipuun käyttömäärien perusteella. Tulevien vuosien tuontipuumäärien ennakkoinnissa lähtökohtana oli nykytilanne, jossa Venäjältä tuotavan puun määrä on erittäin paljon pienentynyt huippuvuosista Venäjän ilmoittamien puunvientiä koskevien tullimaksujen korotusten vuoksi. Tehtyjen päätösten lopullisesta voimaansaattamisesta tai aikatauluista ei ole varmuutta, mutta koska suomalaiset metsäyhtiöt ovat ilmoittaneet vähentävänsä pyöreän puun tuontia Venäjältä, oletettiin, että tuontimäärät sieltä voisivat olla jatkossa vuoden 2009 tasolla. Tuonnin rakenne saattaa kuitenkin muuttua niin, että hakkeen tuonti lisääntyy ja pyöreän puun vähenee. Tuonti muista tärkeimmistä maista (Latvia, Viro, Ruotsi) edelleen jatkunee.

Perusskenaariossa pyöreän puun tuontipuun tarjonta asetettiin hieman kysyntää suuremmaksi (6,6 miljoonaa kuutiometriin) kuitenkin siten, että kuitupuutavaralajien kysynät ja tarjonnat asetettiin yhtä suuriksi. Tuontipuun tarjontapisteiksi valittiin puun tuontia sekä satamien ulkomaan tavaraliikennettä koskevien tilastojen perusteella tärkeimmät rajanylityspaikat ja satamat (15 kpl). Tuontipuutavaralajien määrien jakaantuminen eri kuljetustapojen (auto-, rautatie- ja vesitiekuljetukset) suhteen arvioitiin. Kuljetusoptimointiin kuutiometrikkohtaiset puumäärät muunnettiin tonneiksi puutavaralajikohtaisten kuutiopainolukujen avulla (taulukko 2).

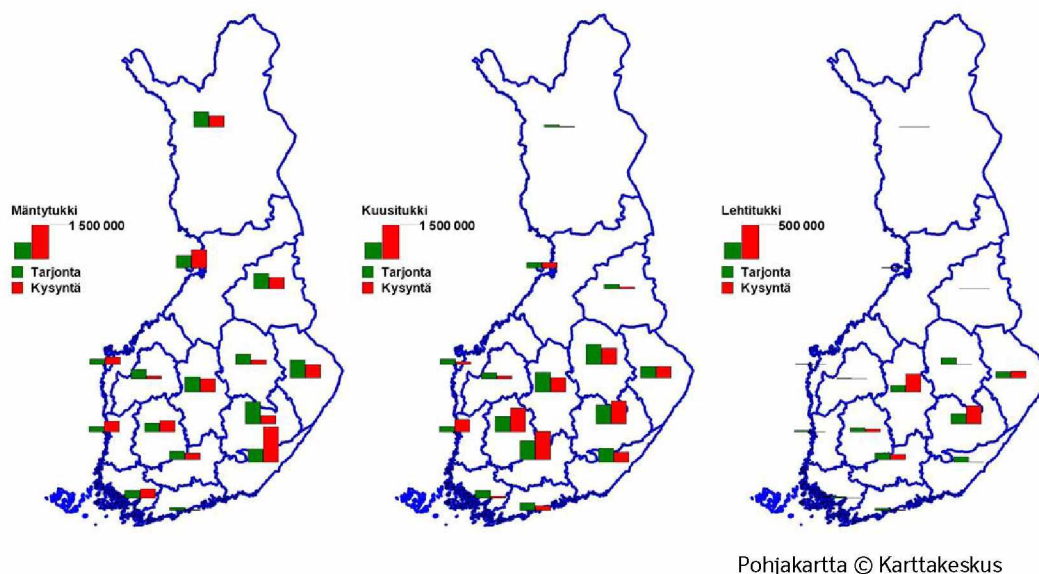
Taulukko 2. Tavaralajikohtainen kotimaisen puun ja tuontipuun tarjonta perusskenaariossa.

Tavaralaji	Kotimaan puu (1000 tonnia/vuosi)	Tuontipuun (1000 tonnia/vuosi)
Mäntytukki	8 548	348
Kuusitukki	8 269	316
Lehtitukki	923	324
Mäntykuitupuun	13 266	736
Kuusikuitupuun	7 231	830
Lehtikuitupuun	6 935	3 367
Yhteensä	45 172 (51,3 milj. m ³ /v)	5 921 (6,6 milj. m ³ /v)

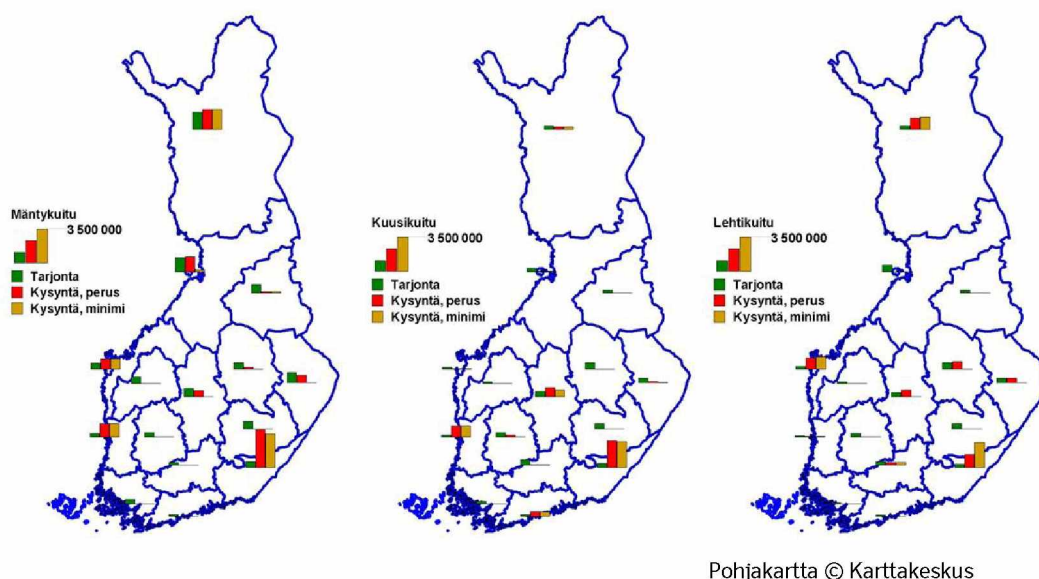
Minimiskenaariossa kotimaisen puun tarjonta on taulukossa 2 esitetyn perusskenaarion mukainen. Sen sijaan kuitupuun tuonnin tarjontaa supistettiin perusskenaarioon nähden, sillä kuitupuuta käyttäviä tehtaita on minimiskenaariossa vähemmän kuin perusskenaariossa. Minimiskenaariossa pyöreän tuontipuun tarjonnaksi määritettiin 5,4 milj. m³).

6.4 Kysynnän ja tarjonnan alueellinen tasapaino

Kotimaisen puun tarjonnan ja puun käytön määriä on vertailtu tukkipuun osalta kuvassa 9 ja kuitupuun osalta kuvassa 10. Kuvista voidaan nähdä, että merkittävimmät erot kysynnän ja tarjonnan välillä ovat Kaakkois-Suomessa, jossa kuitupuun ja mäntytukin kysyntä ylittää selvästi tarjonnan.



Kuva 9. Kotimaisen tukkipuun tarjonta ja käyttö perus- ja minimiskenaarion mukaan, tonnia vuodessa.



Kuva 10. Kotimaisen kuitupuun tarjonta ja käyttö perus- ja minimiskenaarion mukaan, tonnia vuodessa.

6.5 Optimointien tulokset

Skenaariotarkastelujen tulokset esitetään seuraavassa eri liikenne- ja terminaaliverkkojen kuormituskuvina. Perus- ja minimiskenaarioissa liikenneverkkojen kuormitukset ovat hyvin lähellä toisiaan, minkä vuoksi minimiskenaarion osalta esitetään kokonaiskuormituksen asemasta liikenneverkkojen kuormitusten erotukset perusskenaarioon nähden. Lisäksi esitetään kuljetustapakohtaisia tunnuslukuja markkinaosuuksista ja keskimääräisistä kuljetusmatkoista ja verrataan niitä vuoden 2009 tilastojen mukaisiin tunnuslukuihin.

On huomattava, että seuraavassa esitettäviä tuloksia ei voida sellaisenaan käyttää liikenne-ennusteena, sillä optimoinnin tulokset, erityisesti käytettävä kuljetustapa voivat olla herkkiä pienillekin kustannusmuutoksille. Tämän vuoksi ennusteiden laatiminen optimointimallin avulla edellyttää tapauskohtaisia herkkyystarkasteluja.

6.5.1 Perusskenaario

Kokonaismäärät, kuljetustapajakaumat ja kuljetuskustannukset

Perusskenaarion mukaisessa optimitilanteessa puun kuljetuksia on yhteensä 50,1 milj. tonnia, josta kotimaisen puun kuljetuksia on yhteensä 44,4 milj. tonnia ja tuontipuun kuljetuksia 5,7 milj. tonnia.

Kotimaisen puun kuljetusmäärät ja markkinaosuudet pääkuljetustavan mukaan tonneina mitattuna ovat eri kuljetusmuodoilla seuraavat:

- suorat tiekuljetukset 31,5 milj. tonnia (71 %)
- rautatiekuljetukset 11,1 milj. tonnia (25 %)
- vesitiekuljetukset 1,8 milj. tonnia (4 %).

Vastaavasti puun tuonti ulkomailta Suomeen jakautuu kuljetustavoittain seuraavasti:

- suorat tiekuljetukset 1,6 milj. tonnia (28 %)
- rautatiekuljetukset 2,0 milj. tonnia (35 %)
- vesitiekuljetukset 2,1 milj. tonnia (37 %), josta Saimaan kanavan kautta 0,4 milj. tonnia.

Kotimaisen puun määrät tavaralajeittain ja kuljetustavoittain on esitetty taulukossa 3.

Tonnikilometreissä lasketut kotimaisen puun ja tuontipuun kuljetussuoritteet Suomessa jakautuvat seuraavasti (ns. virallinen kotimaan liikenne, joka ei sisällä merikuljetusten eikä Saimaan kanavan Venäjän puoleisen osuuden suoritteita):

- tiekuljetukset 45 %
- rautatiekuljetukset 49 %
- vesitiekuljetukset 6 %

Optimitilanteessa kotimaisen puun kuljetuskustannukset ovat 382,2 M€ vuodessa, josta suorien tiekuljetusten osuus on 217,3 M€, liityntäkuljetusten 54,5 M€, rautatiekuljetusten 97,7 M€ ja vesitiekuljetusten 12,7 M€.

Taulukko 3. Kotimaisen puun kuljetukset perusskenaarion optimoinnin mukaan pääkuljetustavoittain ja tavaralajeittain.

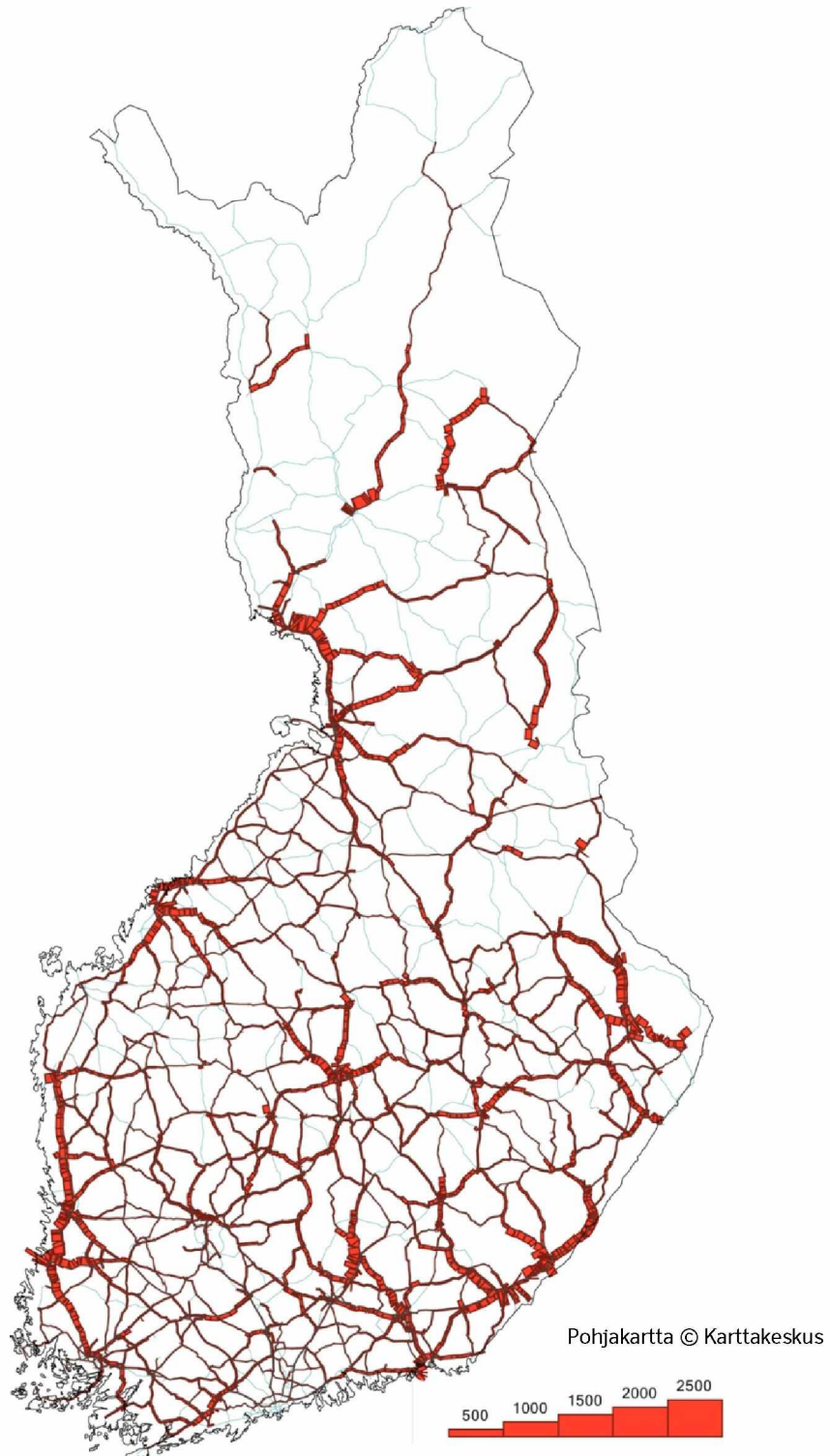
Tavaralaji	Tiekuljetus (milj. t/a)	Rautatiekuljetus (milj. t/a)	Vesitiekuljetus (milj. t/a)	Yhteensä (milj. t/a)
Mäntytukki	6,9	1,3	0,2	8,4
Kuusitukki	7,2	0,6	0,2	8,1
Lehtitukki	0,7	0,1	0,1	0,9
Mäntykuitupuu	7,6	4,5	1,0	13,1
Kuusikuitupuu	4,1	2,8	0,2	7,1
Lehtikuitupuu	5,0	1,8	0,1	6,9
Yhteensä	31,5	11,1	1,8	44,4

Päätieverkon kuormitus

Tieverkon kuljetukset muodostuvat kotimaisen puun kuljetuksista ja merisatamiin tuodun puun jatkokuljetuksista. Päätieverkon suurimmat kuormitukset keskittyvät suurimpien tuotantolaitospaikkakuntien ympäristöön sekä suurimmille Lapin rautatieterminaaleille johtaville teille (kuva 11). Päätieverkon kuljetuksista ei ole käytettävissä tilastoa, josta selviäisivät puukuljetusten viime vuosien kuljetusmäärät tieosittain. Tämän vuoksi muutoksia on hankala arvioida. Metsätehon osakkailtaan keräämä vuositilasto 2009 kotimaisen puun kaukokuljetuksista (Metsätehon katsaus 43/2010) käsittää 34,2 milj. m³ puuta, mikä on 67 % nyt käsiteltävän perusskenaarion puumäärästä.

Optimointien mukaan kotimaan kaikkien tiekuljetusten keskimääräinen kuljetusmatka on 56 kilometriä, suorien tiekuljetusten 68 km ja kuljetusten terminaaleihin 29 km. Edellä mainituista kuljetusmatkoista puuttuvat yksityisellä ja alemmalla yleisellä tiellä kuljetetun matkan pituus. Metsätehon (Metsäteho, 2010) mukaan kaikkien

autokuljetusten keskikuljetusmatka vuonna 2009 oli 91 km, suoran autokuljetuksen 109 km ja terminaaleihin suuntautuvien kuljetusten 48 km. Eroa optimointituloksiin selittävät edellä mainittu alemman tieverkon osuus sekä nykyiset puun ”ristiin kuljetukset”, jotka pidentävät kuljetusmatkoja optimitilanteeseen nähden.



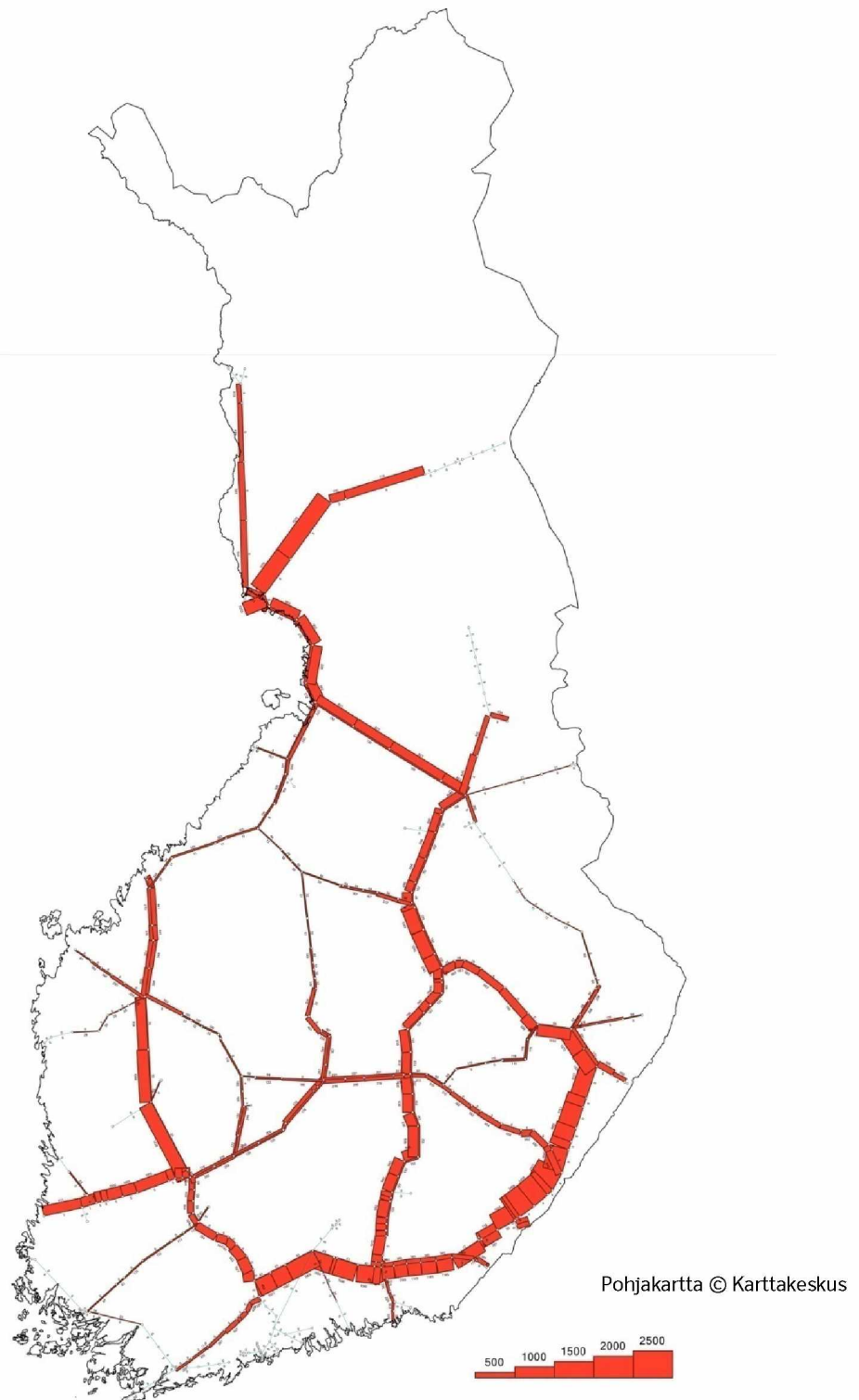
Kuva 11. Päätieverkon kuormitus perusskenaarion optimitilanteessa (1000 tonnia/vuosi).

Rataverkon kuormitus

Perusskenaariossa rautatiekuljetuksia on yhteensä 13,1 miljoonaa tonnia, josta kotimaan kuljetuksia on 11,1 miljoonaa tonnia ja tuontikuljetuksia 2,0 miljoonaa tonnia (kuva 12). Kotimaan rautatiekuljetuksen keskimääräinen kuljetusmatka on 254 kilometriä.

Vuonna 2009 raakapuun kuljetuksia rautateilla (ei haketta) oli yhteensä 10,2 milj. tonnia, josta tuontia oli 2,4 milj. tonnia (Liikennevirasto 2010b) (liite 1). Vuoden 2009 rautatiekuljetusten määrä oli siten noin 30 % pienempi kuin perusskenaarion optimointiin perustuva kuljetusmäärä. Ero vastaa perusskenaarion ja vuoden 2009 puunkäyttömäärien välistä eroa. Perusskenaarion mukaisen kysynnän ja tarjonnan toteutuminen merkitsisi rautatiekuljetusten kokonaismäärien kasvun ohella myös merkittäviä muutoksia rataverkon kuormituksessa vuoteen 2009 nähden. Tällaisia muutoksia ovat:

- Kainuun kuljetukset kasvavat erittäin merkittävästi Kaakkois-Suomeen. Kuljetukset on reititetty nykyisen operatiivisen toiminnan mukaan, jolloin rataverkon kuormitus kasvaa erityisesti reiteillä: Kontiomäki–Iisalmi–Siilinjärvi–Joensuu–Parikkala–Imatra ja Kontiomäki–Pieksämäki–Kouvola.
- Kuljetukset Keski-Suomesta Kaakkois-Suomeen kasvavat, mikä lisää reitin Pieksämäki–Huutokoski–Savonlinna–Parikkala kuormitusta.
- Kuljetukset Raumalle kasvavat Tampereen pohjoispuolisen Pääradan suunnasta.
- Tavaravirrat Hyvinkää–Hanko-radalta ja Riihimäeltä Kaakkois-Suomeen kasvavat.
- Kuljetukset Itä-Lapista (Rovaniemen itäpuolelta) Kemiin kasvavat huomattavasti.
- Kuljetukset Keski-Pohjanmaalta ja Pohjois-Savosta Pietarsaareen ja Ouluun vähenevät (vaikuttaa Iisalmen ja Ylivieskan välisen radan ja Pääradan kuljetuksiin välillä Pännäinen–Oulu).
- Kuljetukset Etelä-Savosta Keski-Suomeen vähenevät (vaikuttaa rataosien Pieksämäki–Jyväskylä ja Jyväskylä–Äänekoski kuormituksiin).
- Kaskisten radan raakapuukuljetukset loppuvat lähes kokonaan.



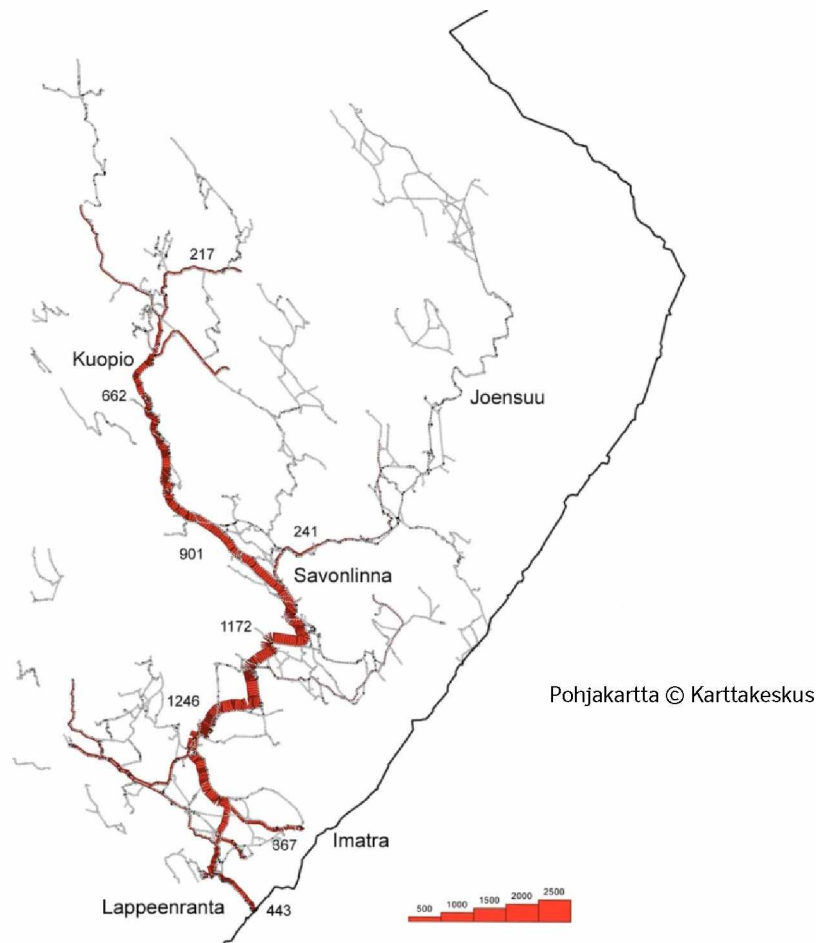
Kuva 12. Rataverkon kuormitus (1000 nettotonnia/vuosi) perusskenaarion optimitilanteessa.

Vesitieverkon kuormitus

Perusskenaariossa vesitiekuljetuksia on yhteensä 3,9 miljoonaa tonnia, josta Vuoksen vesistöalueen uittokuljetuksia 1,8 miljoonaa tonnia (v. 2009: 1,2 Mt), tuontikuljetuksia merisatamien kautta 1,7 milj. tonnia ja tuontikuljetuksia Saimaan kanavan kautta 0,4 miljoonaa tonnia.

Pääosa optimoinnin mukaisesta uitosta lähtee Pohjois-Savosta ja suuntautuu Etelä-Karjalaan (kuva 13). Sen sijaan kuljetusvirrat Pohjois-Karjalasta ovat vähäisiä. Optimoinnin mukaan vesitiekuljetusten keskimääräinen kuljetusmatka on 195 kilometriä (v. 2009: 267 km).

Optimointiin perustuvien tavaravirtojen ja toteutuneiden tavaravirtojen eroja voidaan tarkastella liitteessä 2 esitetyn Liikenneviraston vuoden 2009 kuljetustilastoihin perustuvan kuvan perusteella. Suurin ero koskee uitto- ja aluskuljetusten lähtöalueja-kaumaa. Optimoinnin mukaan Pohjois-Karjalasta lähtevän uiton osuus on hyvin pieni, kun se vuonna 2009 oli lähes 50 %. Ero optimoinnin tuloksiin (suurin osa kuljetuksista lähtee Pohjois-Savosta) selittyy osittain Uimaharjun sellutehtaan vuoden 2009 tuotantoseisokilla, jonka vuoksi tuotantolaitoksen ympäristön mäntykuitupuuta uitettiin Etelä-Saimaalle. Vuoteen 2008 saakka Uimaharjun tuotantolaitos käytti pääasiassa tuontikoivua, mikä on vaikuttanut myös osaltaan uiton määriin (Pohjois-Karjalan mäntykuitupuuta on ohjautunut uittoon).



Kuva 13. Vuoksen vesistöalueen vesitieverkon kuormitus (1000 nettotonnia/vuosi) perusskenaarion optimitilanteessa (sisältää kotimaisen puun kuljetukset ja puun tuonnin Saimaan kanavan kautta).

6.5.2 Minimiskenaario

Minimiskenaarion mukaisessa optimitilanteessa puun kuljetuksia on yhteensä 42,1 milj. tonnia, josta kotimaan kuljetuksia on 39,2 milj. tonnia ja tuontipuun kuljetuksia 2,9 milj. tonnia.

Kotimaisen puun kuljetusmäärät ja markkinaosuudet pääkuljetustavan mukaan tonneina mitattuna ovat eri kuljetusmuodoilla seuraavat:

- suorat tiekuljetukset 26,3 milj. tonnia (67 %)
- rautatiekuljetukset 11,1 milj. tonnia (28 %)
- vesitiekuljetukset 1,8 milj. tonnia (5 %).

Vastaavasti puun tuonti ulkomailta Suomeen jakautuu kuljetustavoittain seuraavasti:

- suorat tiekuljetukset 1,1 milj. tonnia (36 %)
- rautatiekuljetukset 0,7 milj. tonnia (24 %)
- vesitiekuljetukset 1,2 milj. tonnia (40 %), josta Saimaan kautta 0,3 milj. tonnia.

Kotimaisen puun kuljetusmäärät tavaralajeittain ja kuljetustavoittain on esitetty taulukossa 4.

Tonnikilometreissä lasketut kotimaisen puun ja tuontipuun kuljetussuoritteet Suomessa jakautuvat seuraavasti (ns. virallinen kotimaan liikenne, joka ei sisällä merikuljetusten eikä Saimaan kanavan Venäjän puoleisen osuuden suoritteita):

- tiekuljetukset 42 %
- rautatiekuljetukset 50 %
- vesitiekuljetukset 8 %

Optimitilanteessa kotimaisen puun kuljetuskustannukset ovat 333,8 M€ vuodessa, josta suorien tiekuljetusten osuus on 179,7 M€, liityntäkuljetusten 45,6 M€, rautatiekuljetusten 96,3 M€ ja vesitiekuljetusten 12,2 M€.

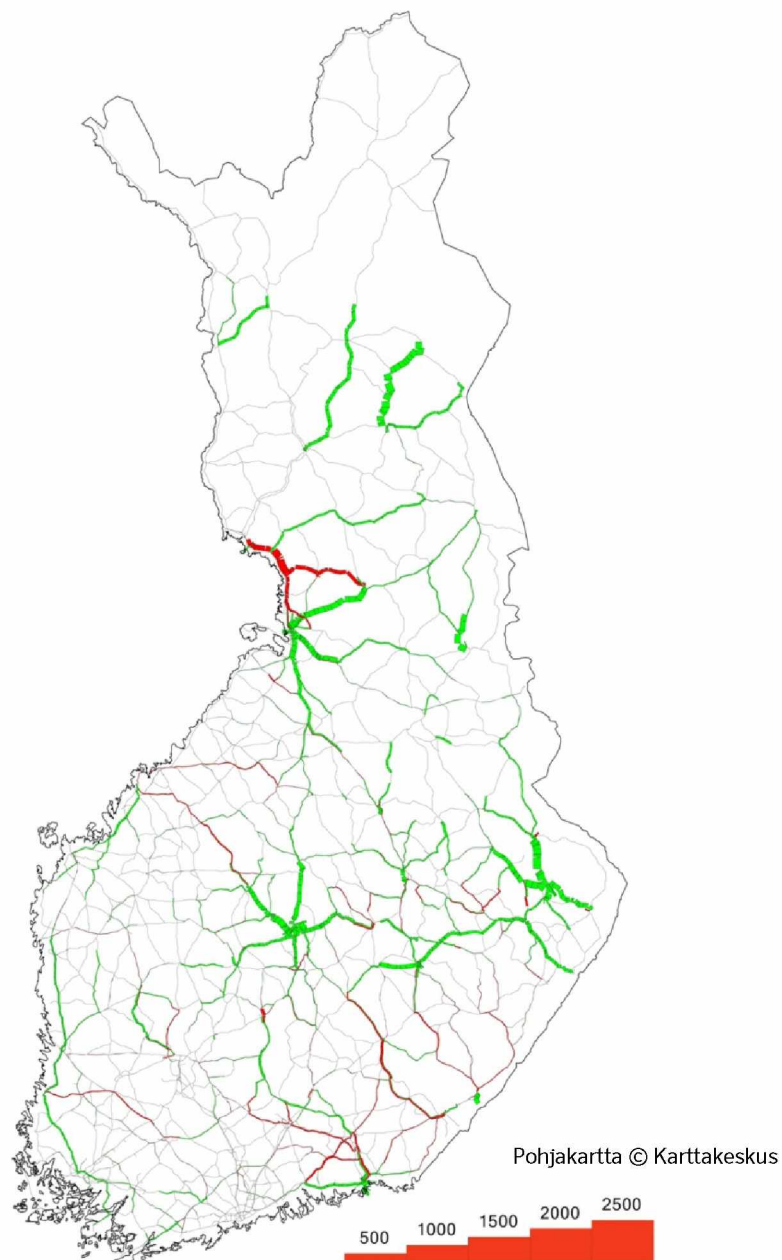
Taulukko 4. Kotimaisen puun määrät minimiskenaarion optimointituloksissa kuljetustavoittain ja tavaralajeittain.

Tavaralaji	Suora tiekuljetus (milj. tonnia/a)	Rautatiekuljetus (milj. tonnia/a)	Vesitiekuljetus (milj. tonnia/a)	Yhteensä (milj. tonnia/a)
Mäntytukki	6,9	1,3	0,2	8,4
Kuusitukki	7,2	0,6	0,2	8,1
Lehtitukki	0,7	0,1	0,0	0,9
Mäntykuitupuu	4,6	3,7	1,0	9,3
Kuusikuitupuu	3,6	2,4	0,2	6,2
Lehtikuitupuu	3,3	2,9	0,1	6,3
Yhteensä	26,3	11,1	1,8	39,2

Seuraavassa tarkastellaan, miten minimiskenaarion mukaiset liikenneverkon kuormitukset eroavat perusskenaarion mukaisista liikenneverkon kuormituksista.

Päätieverkon kuormitus

Miniskenaariossa tieverkon kuormitus on perusskenariota pienempi lähes koko päätieverkolla. Suurin ero kuormituksissa on Lapin rautatieterminaaleille johtavilla teillä ja tuotantoon vähentävien tehdaspaikkakuntien sisääntuloteilla (kuva 14). Minimiskenaariossa kotimaan suorien tiekuljetusten keskimääräinen kuljetusmatka on 67 km ja keskimääräinen liityntäkuljetusmatka 19 km.



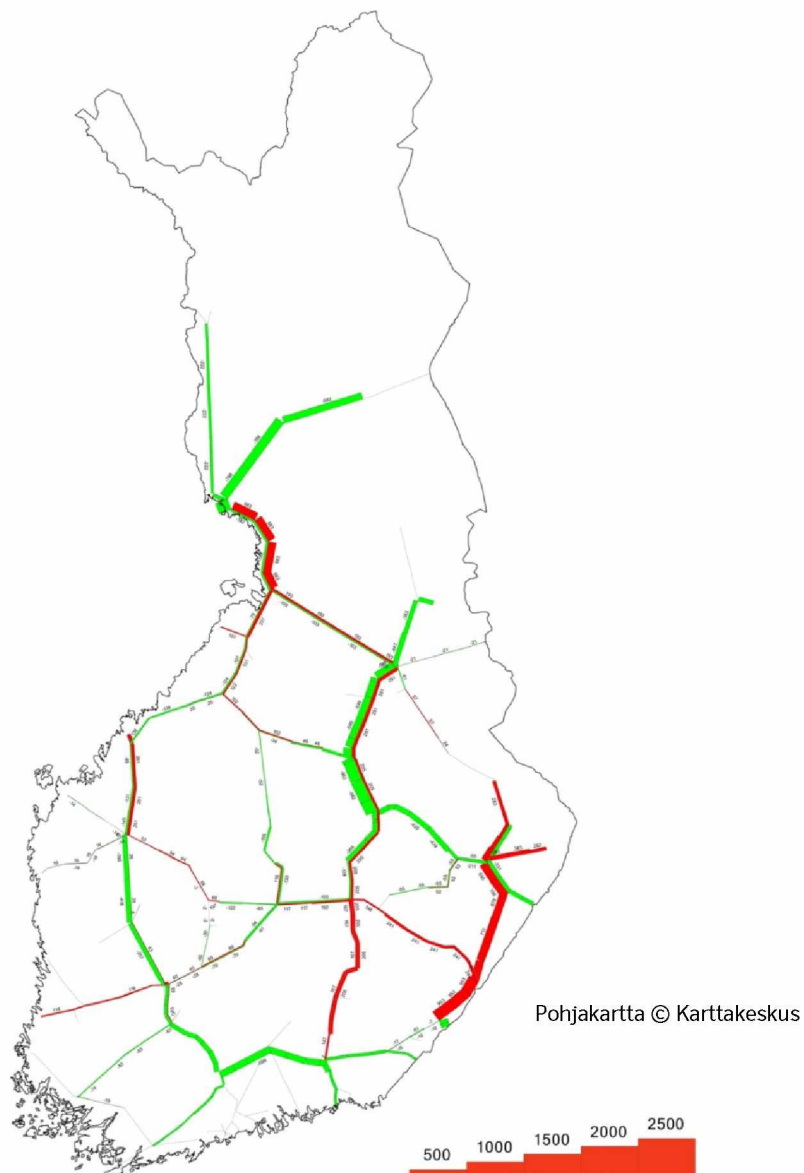
Kuva 14. Päätieverkon kuormituksen ero minimi- ja perusskenaarion välillä (1000 nettotonnia/vuosi, vihreä = vähenevä kuormitus, punainen = kasvava kuormitus).

Rataverkon kuormitus

Metsäteollisuuden tuotannon pienentäminen muuttaa puuvirtojen suuntia. Merkittävimmät erot rautatiekuljetusten puuvirroissa perusskenaarioon nähden ovat:

- kuljetuksia Itä-Lapista Kemiin on vähemmän
- kuljetuksia Pohjois-Pohjanmaalta Kemiin on enemmän
- kuljetuksia Pohjois-Karjalasta Kaakkois-Suomeen on enemmän
- kuljetuksia Kainuusta, Keski-Suomesta, Pirkanmaalta ja Lounais-Suomesta Kaakkois-Suomeen on vähemmän (kuva 15).

Rataverkolla edellä mainitut muutokset näkyvät erityisesti Kemijärven ja Kemin, Kontiomäen ja Joensuun, Seinäjoen ja Riihimäen sekä Riihimäen ja Luumäen välisten rataosuuksien kuormituksen vähenemisenä. Vastaavasti kuormitus kasvaa Oulun ja Kemin sekä säkäniemen ja Imatran välisillä rataosuuksilla. Rautatiekuljetusten keskimääräinen kuljetusmatka on 217 kilometriä eli lyhyempi kuin perusskenaariossa.

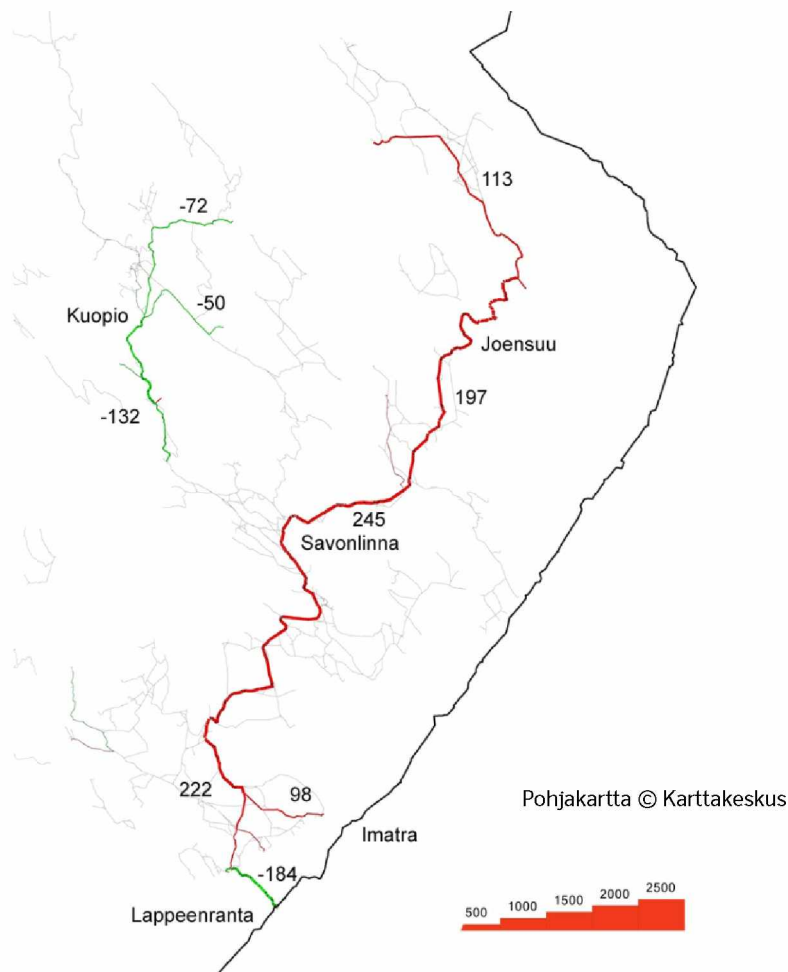


Kuva 15. Rataverkon kuormituksen ero minimi- ja perusskenaarion välillä (1000 nettotonnia/vuosi, vihreä = vähenevä kuormitus, punainen = kasvava kuormitus)

Vesitieverkon kuormitus

Minimiskenaariossa kotimaan vesitiekuljetusten määrä on vain hieman pienempi kuin perusskenaariossa eli 1,6 miljoonaa tonnia. Vesitiekuljetusten virrat muuttuvat perusskenaarioon nähden seuraavasti:

- kuljetukset Pohjois-Karjalasta Etelä-Saimaalle kasvavat
- kuljetukset Pohjois-Savosta Etelä-Saimaalle vähenevät (kuva 16).



Kuva 16. Vuoksen vesistöalueen vesitieverkon kuormituksen ero minimi- ja perusskenaarion välillä (1000 nettotonnia/vuosi, vihreä = vähenevä kuormitus, punainen = kasvava kuormitus).

6.5.3 Terminaalien käyttö

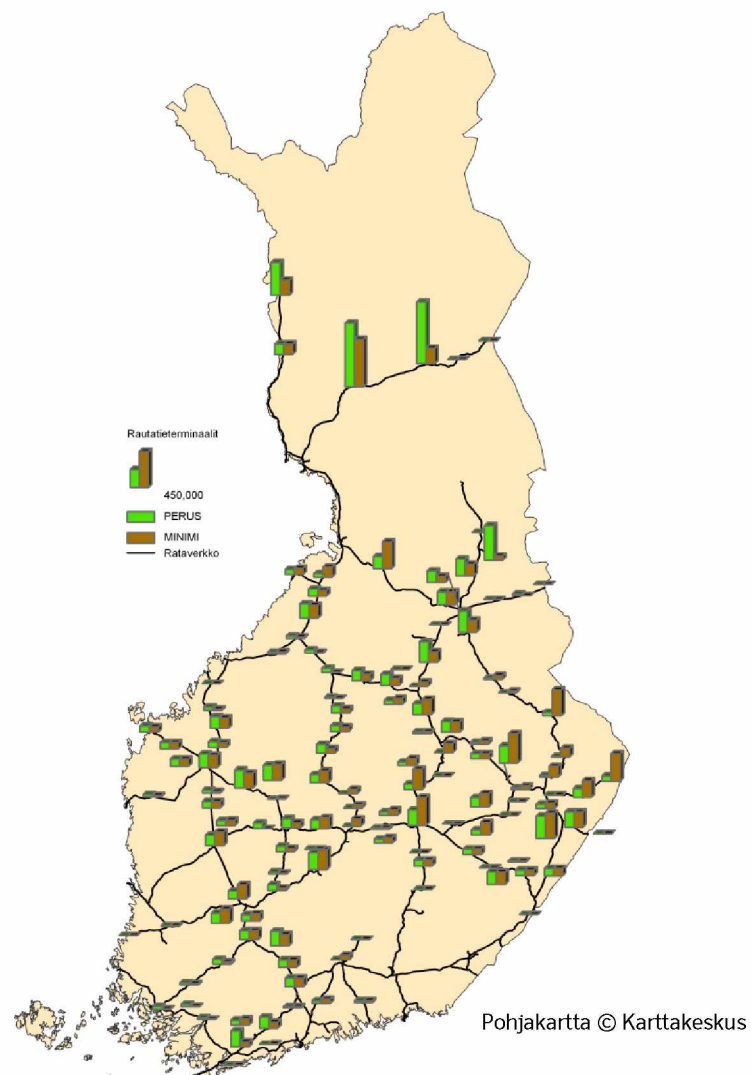
Rautatieterminaalit

Molemmissa skenaarioissa kuljetusmääriltään suurimmat rautatieterminaalit sijaitsevat Lapissa, jossa kuljetukset keskittyvät harvoin terminaleihin. Muualla Suomessa, Kaakkois-Suomea lukuun ottamatta, rataverkon terminaalitiheys on korkea, jolloin kuljetukset hajautuvat eri terminaalien kesken (kuva 17).

Minimiskenaarion mukainen metsäteollisuuden tuotannon supistuminen vähentää erittäin paljon Itä-Lapin ja Kainuun terminaalien ja melko paljon myös Pohjois-Savon

terminaalien käyttöä, mutta lisää Pohjois-Karjalan ja Pohjois-Pohjanmaan terminaalien käyttöä perusskenaarioon nähden. Voidaankin arvioida, että terminaaliverkon kehittämistarve on kahden tarkasteltavana olleen skenaarion välillä selvästi erilainen.

Optimoinnissa yksittäisten terminaalien kautta kulkeviin kuljetusmääriin vaikuttaa tarjonnan kiinnittäminen kuntien puun tarjonnan keskipisteisiin. Valittavaksi optimoinnissa tulee tällöin yleensä terminaali, johon päätieverkkoa tarjontapisteestä on lyhin matka. Käytännössä saman kunnan kuljetuksia voi kulkea useamman terminaalin kautta. Vierekkäisiä terminaaleja tulisi tämän vuoksi tarkastella yhtenä kokonaisuutena eikä yksittäin. Optimoinnissa tämä voitaisiin tehdä esimerkiksi siten, että terminaaleille asetetaan ehdoksi minimipuumäärä.

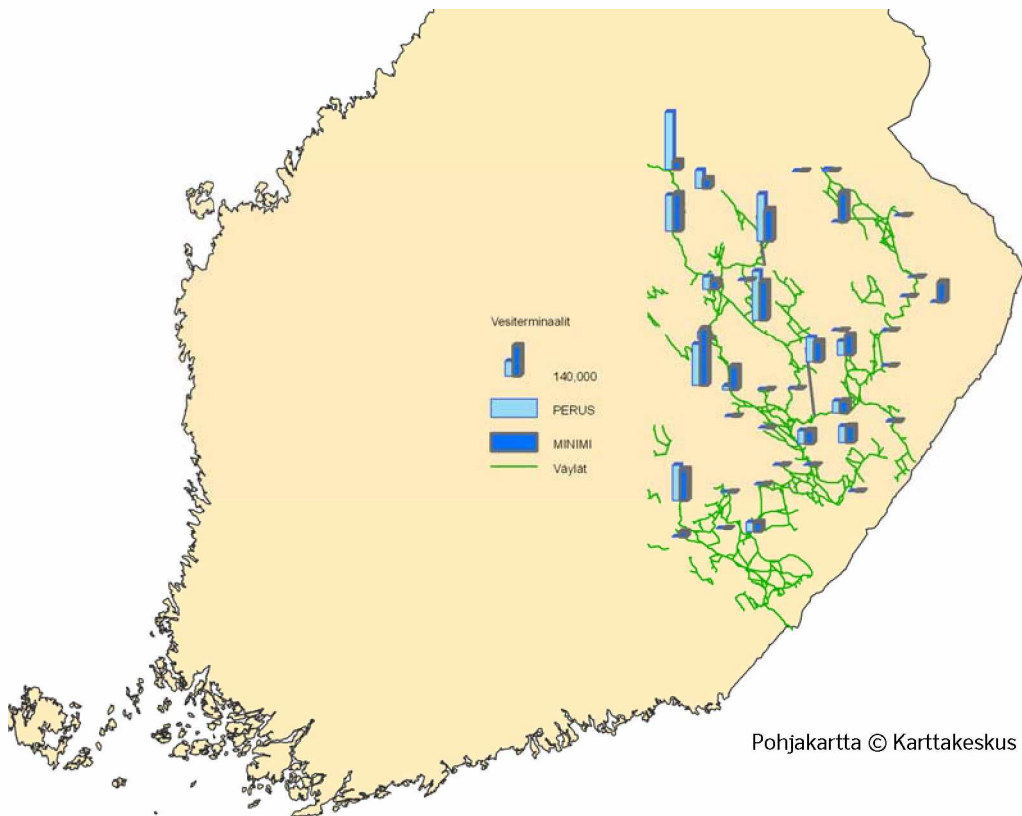


Kuva 17. Rautatieterminaalien kautta kulkevat puumäärät perus- ja minimiske-naariossa.

Vesitieterminaalit

Molemmissa skenaarioissa kuljetusmääriltään merkittävimmät vesitieterminaalit sijaitsevat Kallavedellä ja Onkivedellä Pohjois-Savossa. Samoin kuin yksittäisen rautatieterminaalin kuormitukseen, vaikuttaa myös yksittäisten vesitieterminaalien puumääriin kuntien puuvarojen painopisteen ja vaihtoehtoisten terminaalien välinen etäisyys päätieverkkoa pitkin.

Merkittävimmät erot terminaalien kuormituksissa perusskenaarion ja minimiskenaarion välillä koskevat Onkiveden pohjoisimpia terminaaleja Pohjois-Savossa sekä Pohjois-Karjalan Oriveden ja Pielisen terminaaleja. Onkiveden terminaalien kuljetusmäärät ovat minimiskenaariossa huomattavasti pienemmät ja vastaavasti Pohjois-Karjalan terminaaleissa selvästi suuremmat kuin perusskenaariossa (kuva 18).



Kuva 18. Saimaan vesitieterminaalien kautta kulkevat puumäärät perus- ja minimiskenaariossa (1000 t/vuosi).

6.6 Tulosten ja mallin arviointia

Skenaariotarkastelujen perusteella mallin tulokset vastaavat asiantuntijoiden käsitystä metsäteollisuudessa tapahtuneiden ja odotettavissa olevien muutosten vaikutuksista. Optimoinnin tulokset voivat olla herkkiä pienillekin kuljetuskustannusmuutoksille. Tämä koskee erityisesti käytettävää kuljetustapaa. Tämän vuoksi mallia käytettäessä onkin erityisen tärkeää kiinnittää huomiota optimoinnin lähtökohtana oleviin kuljetuskustannuksiin. Tuloksia arvioitaessa on tärkeää huomata myös, että optimointimalli tarkastelee samanaikaisesti koko maan raakapuun kuljetuksia eikä kuten metsäyhtiöt tekevät kukin erikseen. Malli ohjaa puuvirrat niin, ettei turhaa ristiin kuljetusta synny, jolloin kuljetuskustannukset minimoituvat valtakunnan tasolla.

Metsäyhtiöt pyrkivät omassa raakapuun hankinnassaan välttämään myös ristiin kuljettamista puun vaihdon avulla. Puun vaihtoa ei kuitenkaan harjoiteta systemaattisesti, minkä vuoksi puun kuljetusmatkat muodostuvat keskimäärin pidemmiksi kuin valtakunnallisessa optimoinnissa. Erot tilastoitujen ja skenaariotarkasteluissa optimointimallilla laskettujen keskilähtömatkojen välillä ovat erityisesti rautatie- ja vesitiekuljetusten osalta pienet. Eroja tilastoituihin kuljetuksiin verrattessa on huomattavaa, että skenaarioiden mukaista puun kysyntää ja tarjontaa ei ole ollut minään vuonna. Tuotantolaitosten lakkautukset, tuotantolinjojen muutokset ja Venäjän tuonnin vähentyminen vientitullien vuoksi näkyvät vain osittain viime vuosien tilastoissa. Raakapuun hankinta ei ole vielä täysin sopeutunut metsäteollisuuden nopeaan rakennemuutokseen.

Mallissa ei ole otettu huomioon raakapuun alueellisen hinnan riippuvuutta puun kysynnästä. Tämän vuoksi esimerkiksi minimiskenaarion mukaisessa tilanteessa, jossa kotimaisen puun kysyntä vähenee merkittävästi, jää kuljetuskustannuksiltaan kallein puu käyttämättä. Tämä vaikuttaa myös kuljetustapajakaumaan, koska pitkiä rautatie- ja vesitievirtoihin soveltuvia puuvirtoja on aikaisempaa vähemmän. Asiantuntijoiden mukaan puun hintajousto vaikuttaa kuitenkin käytännössä niin, että puuta kannattaa hankkia myös kauempaa. Mallia käytettäessä tämä ongelma voidaan poistaa esimerkiksi vähentämällä kotimaisen puun kuntakohtaista tarjontaa kysynnän muutoksen suhteessa. Mallia voidaan myös kehittää niin, että puun alueellinen hinta on yksi optimoinnin elementeistä.

On selvää, ettei metsäteollisuus tule toimimaan täysin valtakunnallisen optimin mukaan, vaan metsäyhtiöiden omat metsät, vakiintuneet asiakassuhteet, ja keskinäinen kilpailu vaikuttavat aina osaltaan puuvirtojen suuntautumiseen. Optimointimalli on kuitenkin erinomainen työkalu arvioitaessa, mihin suuntaan esimerkiksi valtion ylläpitämää kuljetusjärjestelmää kannattaa kehittää. Liikenneinfrastruktuuria ja terminaalien toimintamalleja kehittämällä voidaan puuvirtoja ohjata suuntaan, joka on sekä yhteiskunnan että metsäteollisuuden tavoitteiden mukaista.

7 Mallin soveltamismahdollisuuksia

Optimointimallilla voidaan helposti tarkastella puun alueellista kysyntää, tarjontaa ja eri kuljetustapojen kustannuksia koskevien muutosten vaikutuksia raakapuun kuljetusvirtoihin, kuljetustapojen käyttösuuksiin, kuljetusjärjestelmän kuormituksiin ja kuljetusketjujen kokonaiskustannuksiin. Mallilla voidaan tarkastella myös kuljetusjärjestelmän (liikenneverkot ja terminaalit) muutosten vastaavia vaikutuksia; tosin kuljetusyhteydet ja niiden kustannukset on generoitava tällöin uudelleen. Kuljetusjärjestelmän muutoksiin liittyen voidaan esimerkiksi suurten rautatieterminaalien kuljetusten yksikkökustannuksia muuttaa niin, että ne vastaavat paremmin suorien asiakasjunien kustannuksia. Suurin optimointimallin hyöty aikaisempaan tilanteeseen verrattuna on päätöksenteon taustalla olevien laskelmien luotettavuuden parantumisesta, sillä raakapuu kuljetusvirtoihin vaikuttavien eri tekijöiden hallinta ilman mallintamista on mahdotonta.

Optimointimallia voidaan soveltaa monen tyyppisissä liikennejärjestelmän suunnittelutehtävissä, joita ovat:

- Selvitykset, joissa tarkastellaan puuvirtojen muutoksia erilaisissa toimintaympäristön muutostilanteissa. Mallin avulla voidaan laskea alueiden välisiä virtamuutoksia kuljetustavoittain. Esimerkkinä tällaisesta tarkastelusta on liitteessä 3 esitetty Kaakkois-Suomen ELY-keskuksen alueella sijaitsevien tuotantolaitosten eri kuitupuulajien hankinta-alueet perusskenaariossa.
- Rata- ja tieverkon sekä Vuoksen vesitieverkon yleiset kuljetusmäärien ennusteet, kun halutaan tutkia toimintaympäristön muutosten kuten metsäteollisuuden tuotantolaitosten lakkautusten, tuotantolinjojen muutosten, polttoainneiden ja sähköenergian hintojen vaikutuksia. Esimerkkinä tällaisista tarkasteluista ovat edellä esitetyt skenaarioiden liikenneverkolliset tarkastelut sekä liitteessä 4 esitetty kuva rautatiekuljetusten liityntäkuljetuksista tieverkolla perusskenaariossa. Käytettäessä optimointimallia ennusteiden laatimiseen, tulee kiinnittää erityistä huomiota tavaravirtoihin, jotka ovat herkkiä vaihtamaan kuljetustapaa. EMME-ohjelmaa voidaan hyödyntää myös ns. linkkihaastatteluissa, joissa määritetään tietyn väylän poikkileikkauksen kautta kulkevien puuvirtojen lähtö- ja määräpaikkoja kuljetustavoittain. Esimerkkinä linkkihaastattelun tuloksista on liitteessä 5 esitetty Siilinjärvi-Viinijärvi-rataosan puuvirrat.
- Rautateiden ja vesiteiden terminaalien kehittämiselvitykset, joissa mallin avulla voidaan arvioida esimerkiksi erilaisten terminaaliverkostovaihtoehtojen edullisuutta yhteiskuntatalouden näkökulmasta. Tätä varten mallin avulla lasketaan raakapuu kuljetusketjujen kokonaiskustannukset sekä suoritteet eri liikennemuodoilla. Suoritetietojen avulla voidaan edelleen laskea kuljetusten aiheuttamat päästöt ja liikenneonnettomuudet sekä liikenneverkkojen kuormituksen aiheuttamat väylien kulumisen kustannukset. Vertailemalla tarkasteltavien vaihtoehtojen edellä mainittuja yhteiskuntataloudellisia kustannuksia vaihtoehtojen edellyttämiin investointikustannuksiin, saadaan selville vaihtoehtojen kokonaistaloudellinen edullisuus ja kannattavuus. Optimointimallin laskelmia terminaalien kuormituksista voidaan hyödyntää terminaalien mitoituksessa (kuormausraiteiden määrä ja varastoalueiden laajuus).

- Vähäliikenteisten ratojen ylläpidon kannattavuuden arviointia koskevat selvitykset, joissa mallin avulla voidaan arvioida puun kuljetusvirtojen ja kuljetuskustannusten muutokset, mikäli rata tai sen osa suljetaan liikenteeltä. Vastaavasti kuin edellä voidaan mallin tulosten avulla arvioida myös muita vaikutuksia ja arvioida toimenpiteiden kannattavuutta yhteiskunnan kannalta. Toisaalta mallin avulla voidaan arvioida myös nykyisin suljettuna olevien ratojen ja niiden kuormauspaikkojen uudelleen avaamisen vaikutuksia raakapuuvirtoihin ja kustannuksiin sekä toimenpiteiden kannattavuuteen.
- Ratojen liikenteellisen toimivuuden arviointi- ja toimenpideselvityksissä, joita varten optimointimallilla voidaan laskea ratojen raakapuu kuljetusten kuormitukset. Raakapuun kuljetusmäärät voidaan muiden tavaralajien tonniennusteiden tapaan muuttaa tavarajuniksi liikenteellisiä analyysejä varten. Tarkastelemalla tavara- ja henkilöjunaliikennettä samanaikaisesti junaliikenteen suunnitteluohjelmilla voidaan tunnistaa liikenteen pullonkauloja, jotka vaativat kehittämistoimenpiteitä. Reitityksen vaikutuksia liikenneverkon kuormituksiin voidaan tarkastella asettamalla liikenneverkon linkeille vastuksia niin, että kuljetukset kulkevat haluttua reittiä pitkin.

Optimointimallia voidaan hyödyntää myös kuljetuspalvelujen ja yhtiökohtaisten kuljetusten suunnittelussa kuten esimerkiksi seuraavissa tehtävissä:

- Mallin laskemien tulosten pohjalta voidaan arvioida kuljetuskaluston kiertonopeutta ja tarvittavia resurssien määriä. Esimerkiksi rautatiekuljetusten osalta voidaan kuljetusvirtojen suuruuteen perustuen arvioida suorien asiakasjunien käyttömahdollisuutta sekä liikennöintiä terminaalien ja tuotantolaitosten välillä. Vastaavasti voidaan tarkastella runkojunien ja keräilyjunien tarvetta. Liikennöintisuunnitelman pohjalta saadaan laskettua kalustokierto ja tarvittavan kaluston määrä. Vastaavia tarkasteluja voidaan tehdä myös tie- ja vesitiekuljetusten osalta.
- Mallia voidaan hyödyntää yhtiökohtaisessa kuljetusjärjestelmän suunnittelussa määrittämällä edullisimmat kuljetusketjut tiettyjen tuotantolaitosten ja hankinta-alueiden puun hankinnassa. Yhtiökohtaisissa tarkasteluissa puun tarjontaa voidaan muuttaa halutulla tavalla esimerkiksi yhtiön omat metsävarat huomioon ottavaksi.

Optimointimallia voidaan kehittää edelleen erilaisia ja yksityiskohtaisempia käyttö-tarkoituksia varten. Esimerkiksi tarjonnan alueellista tarkkuutta lisäämällä ja sisällyttämällä myös alempiasteinen tieverkko kuljetusjärjestelmään, voidaan tehdä yksityiskohtaisempia tarkasteluja erityisesti tieverkon ylläpitoon ja tiekuljetusten suunnitteluun liittyen.

Kirjallisuusluettelo

Iikkanen, P. - Mukula, M. - Kosonen, T. - Kiuru, T. 2009. Raakapuun terminaali- ja kuormauspaikkaverkon kehittäminen. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 4/2009. 53 s. ISBN 978-952-445-278-6.

Liikennevirasto 2010a. Kotimaan vesiliikennetilasto 2009. 2010. Liikenneviraston tilastoja 4/2010 (Suomen virallinen tilasto). ISBN 978-952-255-506-9.

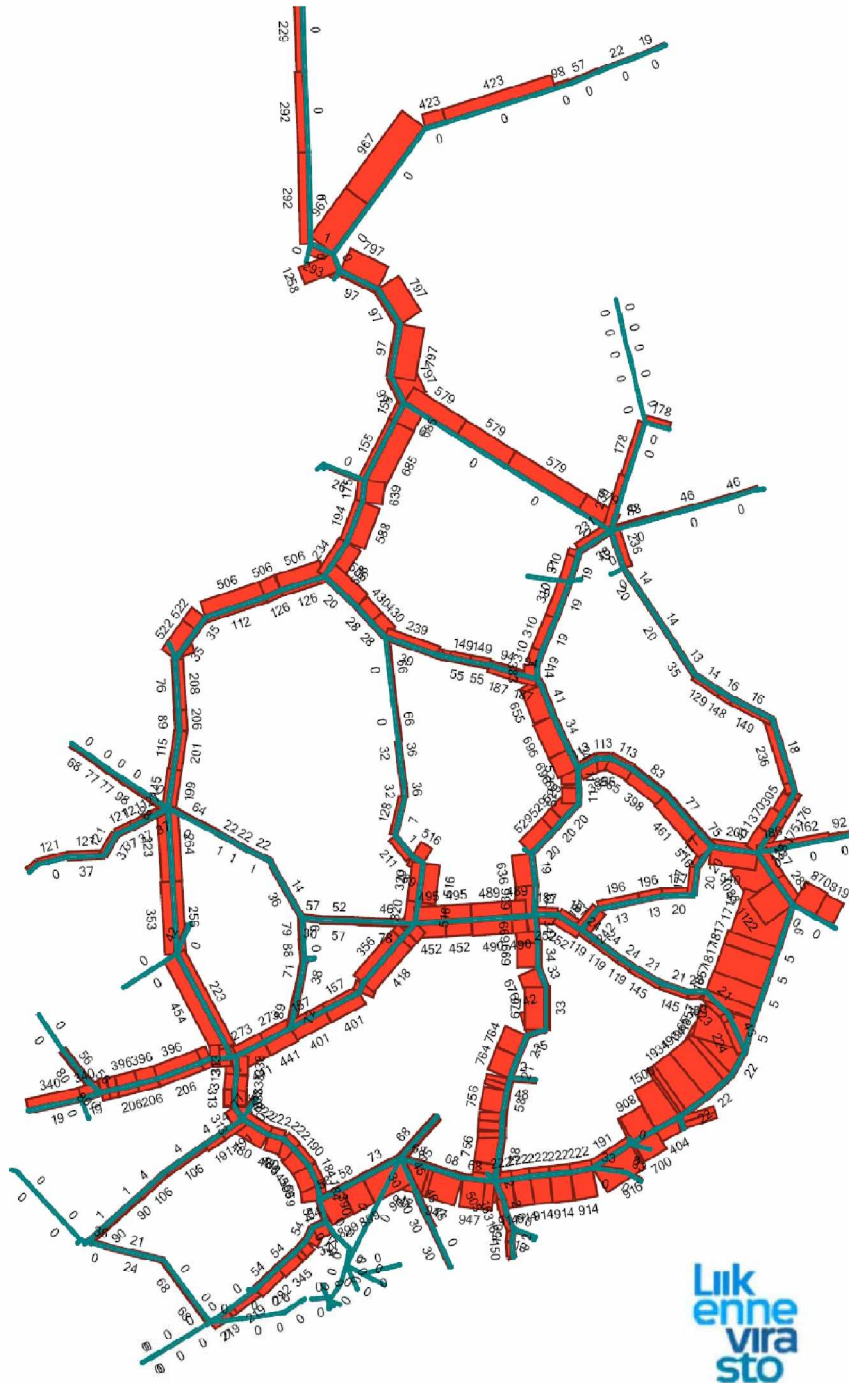
Liikennevirasto. 2010b. Metsäteollisuuden logistiikkaongelmat edellyttävät pikaisia toimia. Liikenne- ja viestintäministeriön työryhmän ehdotus. Liikenneviraston uutiskirje 29.4.2010. http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/fi/uutiset/2010/34_2010/.

Metsäteho. 2010. Puunkorjuu ja kaukokuljetus vuonna 2009. Metsätehon katsaus nro 43/2010.

Valtiovarainministeriö. 2010. Metsäteollisuutta tulevat liikenneinvestoinnit. Metsäteollisuuden toimintakyvyn edellyttämiä liikenneinvestointeja selvittämä työryhmämuistio. 2010. Valtiovarainministeriön julkaisuja 19/2010. 39 s. ISBN 978-952-251-066-2.

Rataverkon raakapuukuljetukset vuonna 2009 (Liikennevirasto, 2010b)

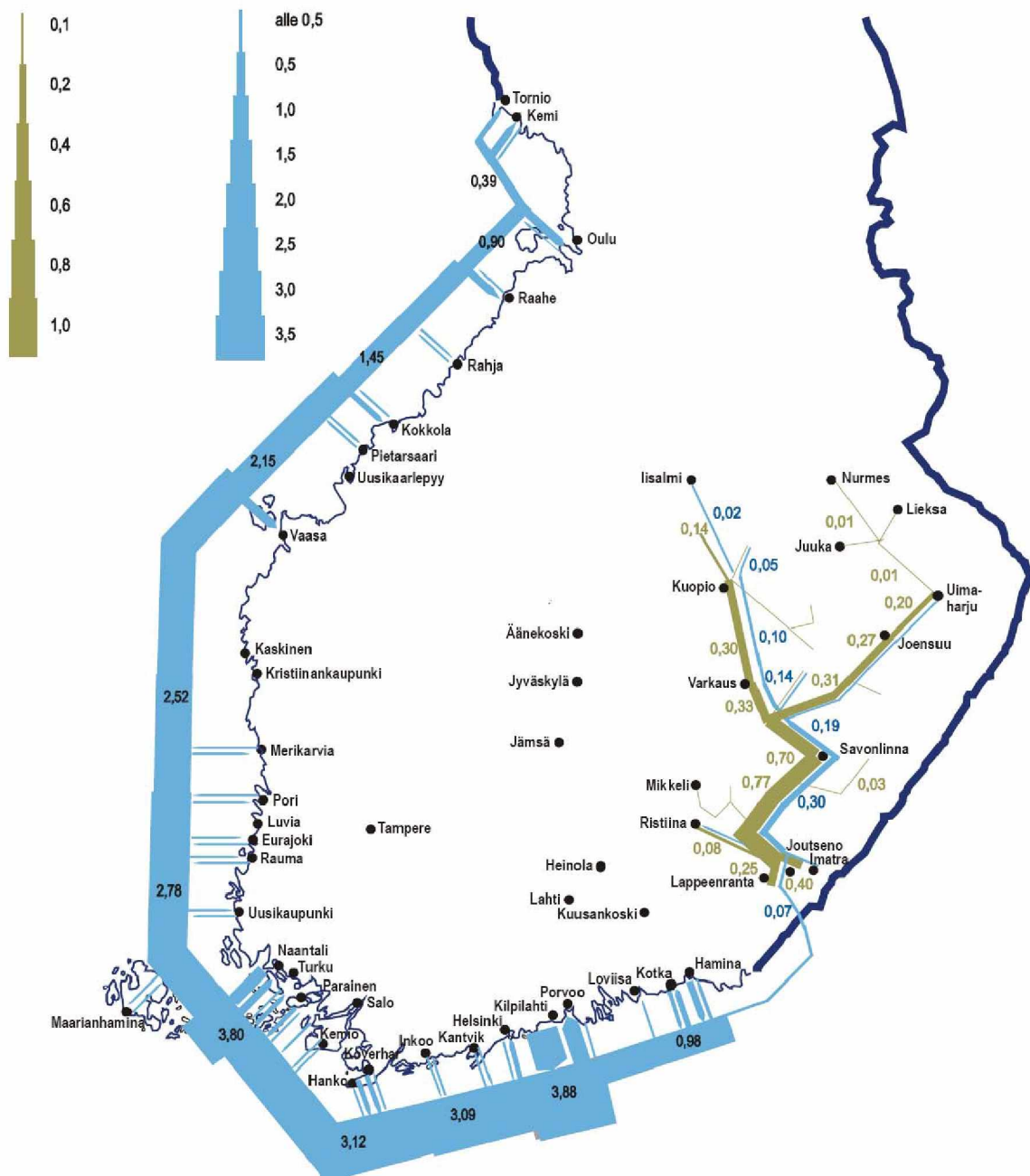
Raakapuukuljetukset 2009 (1000 tn)
Yhteensä 10,2 milj. tonnia



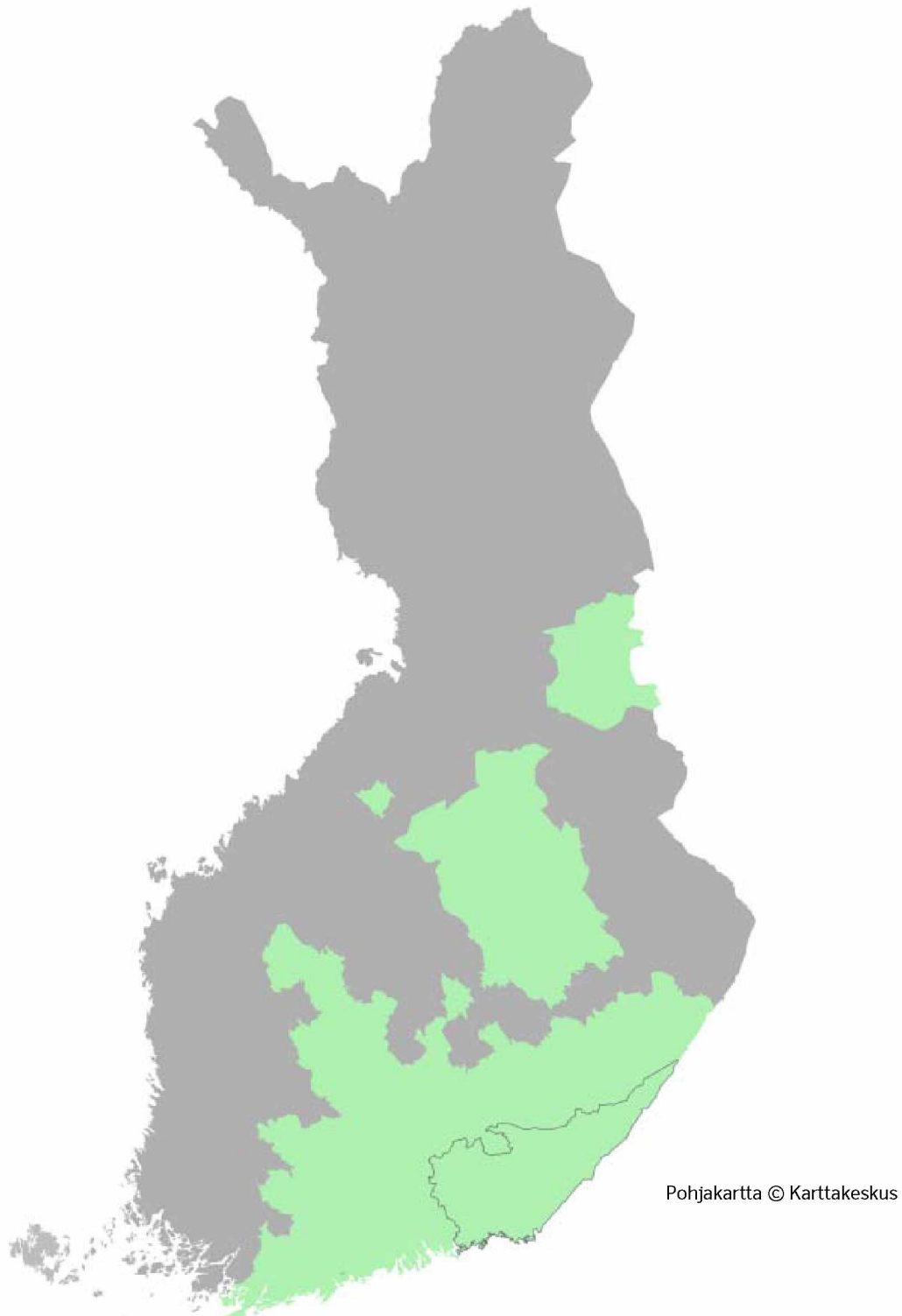
Saimaan vesitieverkon alus- ja uittokuljetukset vuonna 2009 (Liikennevirasto, 2010a)

Uitto, milj. tonnia
Flottning, mn ton
Log floating, million tons

Alusliikenne, milj. tonnia
Fartygstrafik, mn ton
Shipborne transport, million tons

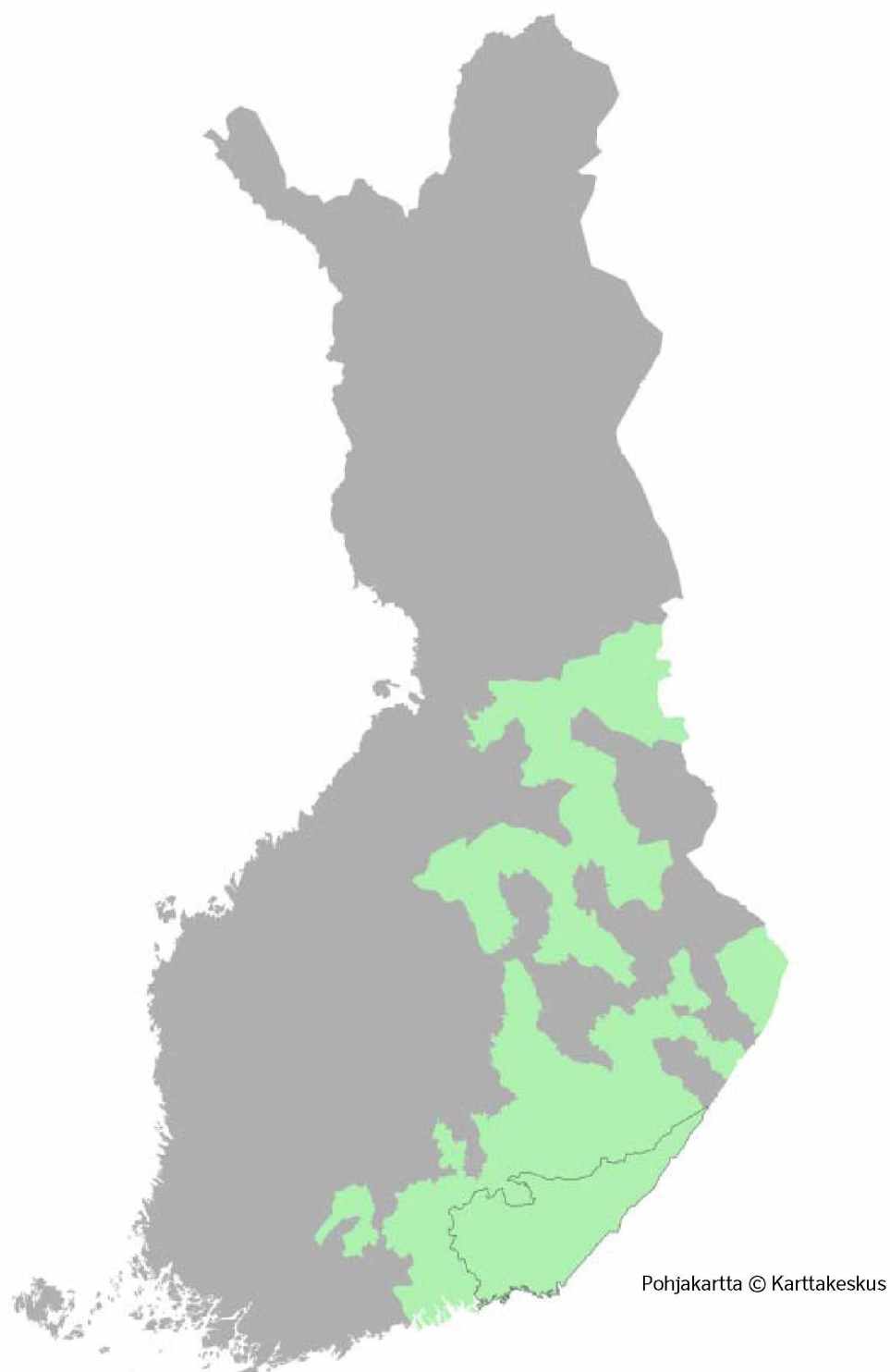


Esimerkkejä puun hankinta-alueiden tarkasteluista



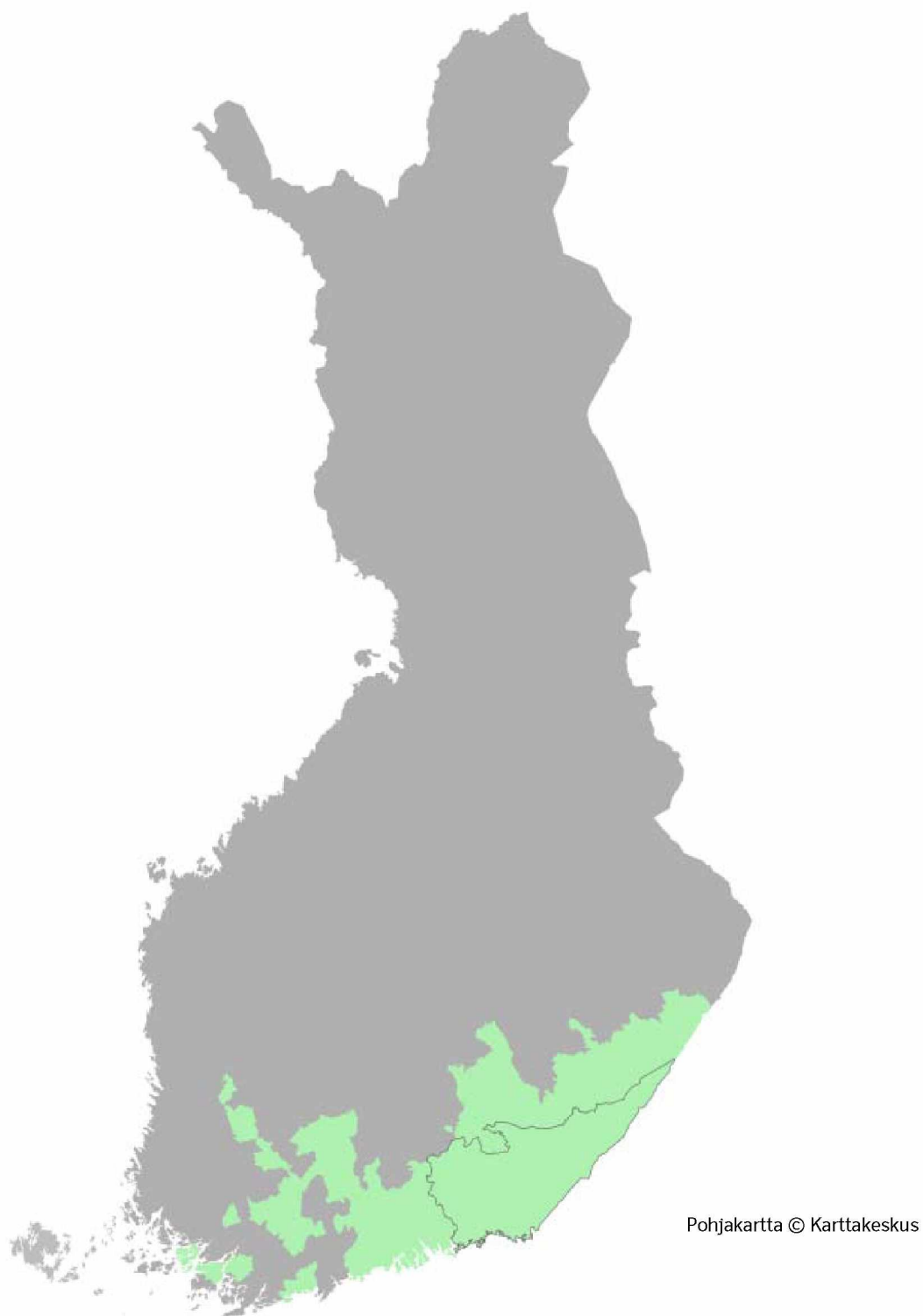
Kuva 1. Kaakkois-Suomen ELY-keskuksen alueella sijaitsevien tuotantolaitosten mäntykuitu-puun hankinta-alue perusskenaariossa.

Esimerkkejä puun hankinta-alueiden tarkasteluista



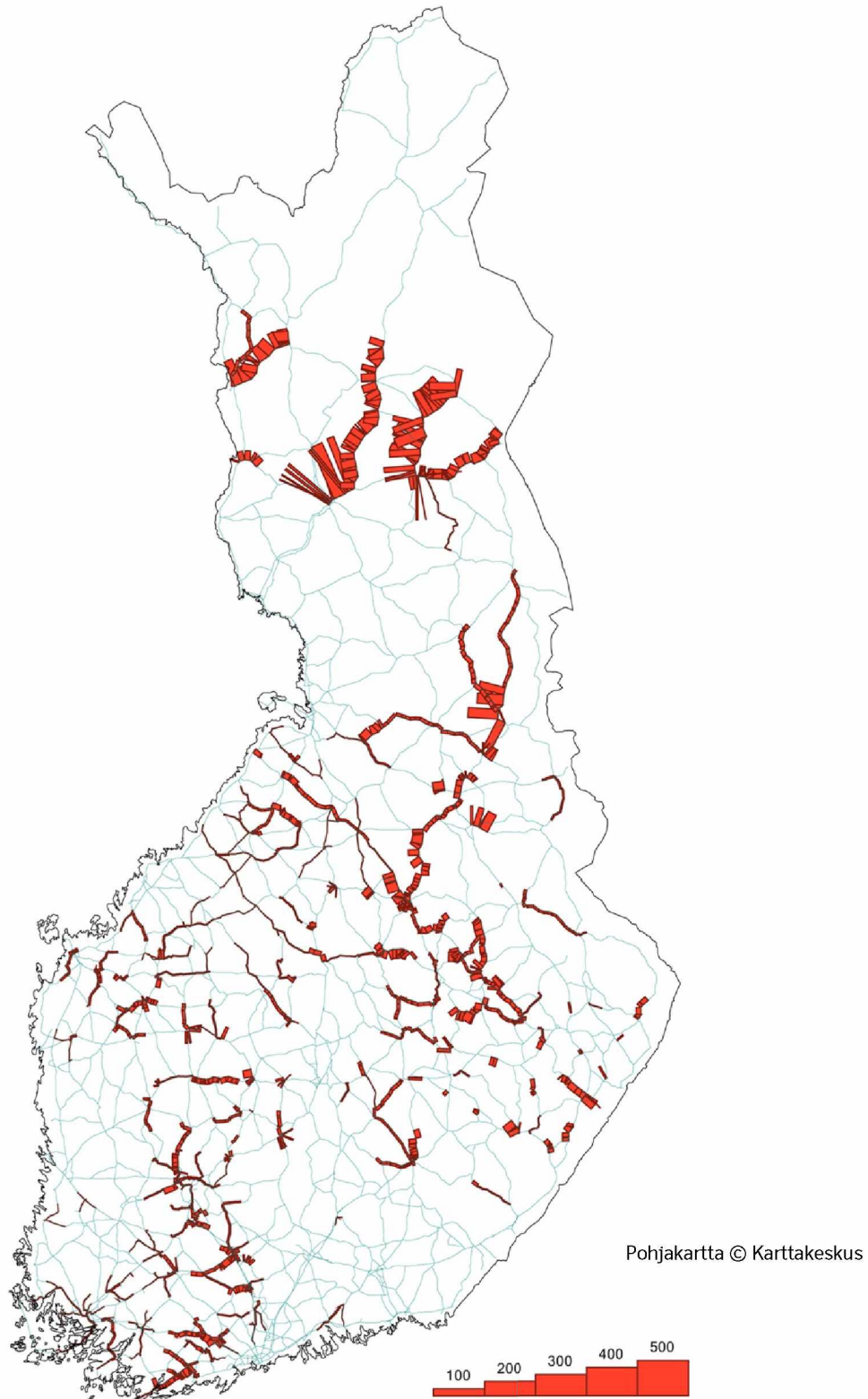
Kuva 2. Kaakkois-Suomen ELY-keskuksen alueella sijaitsevien tuotantolaitosten kuusikuitu-puun hankinta-alue perusskenaariossa

Esimerkkejä puun hankinta-alueiden tarkasteluista

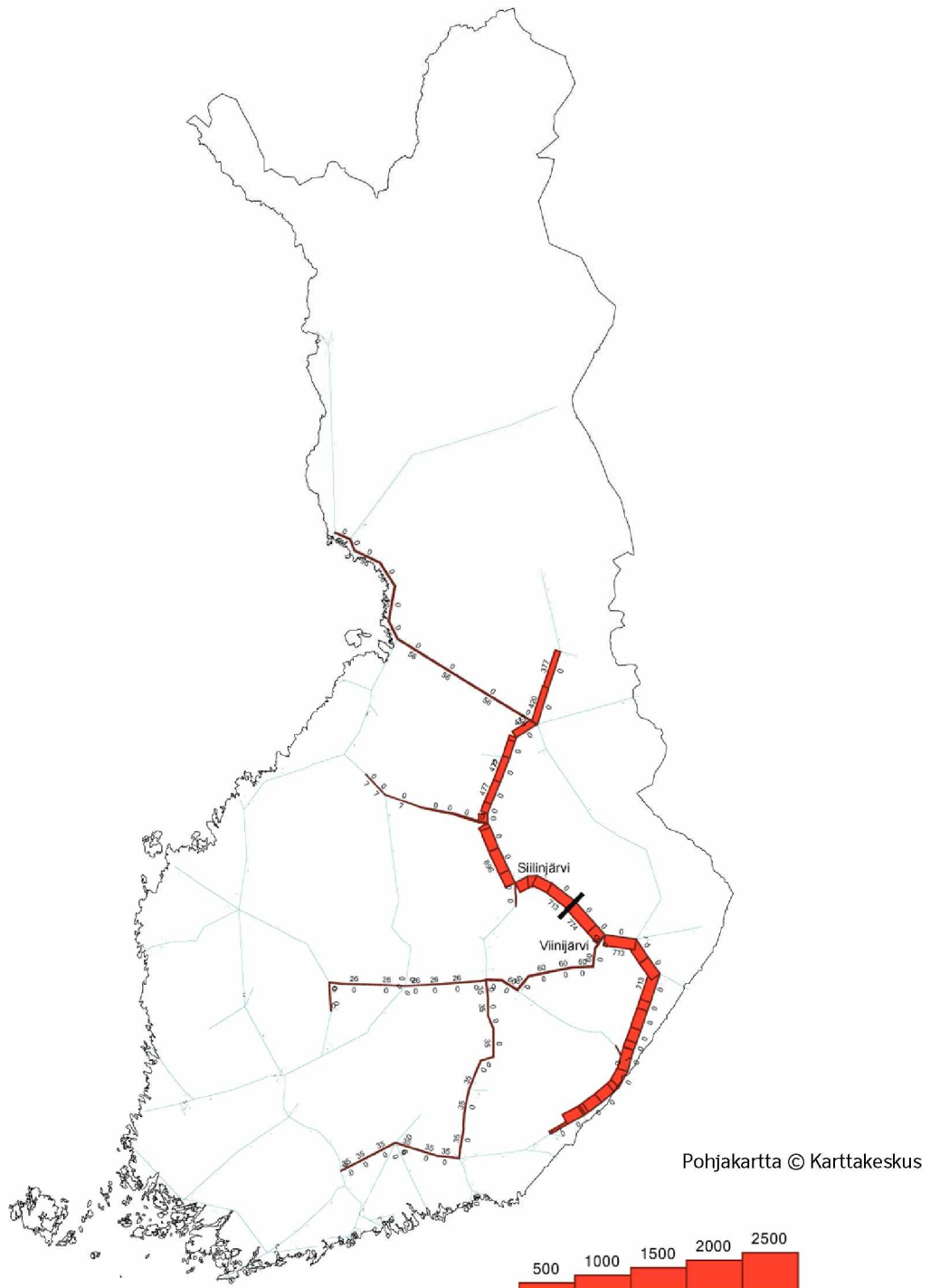


Kuva 3. Kaakkois-Suomen ELY-keskuksen alueella sijaitsevien tuotantolaitosten lehtikuitupuun hankinta-alue perusskenaariossa.

Esimerkki liikenneverkko tarkasteluista:
Rautatiekuljetusten liityntäkuljetukset tieverkolla
(perusskenaario)



Esimerkki liikenneverkkotarkasteluista: Rataosan Siilinjärvi–Viinijärvi linkkihaastattelu (perusskenaario)



Liik
enne
vira
sto

ISSN-L 1798-6656

ISSN 1798-6664

ISBN 978-952-255-562-5

www.liikennevirasto.fi